

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

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

**Кваліфікаційна робота
на правах рукопису**

Богатирчук Михайло Вікторович

УДК 631.17

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**Удосконалення комплексу машин для вирощування
соняшнику з модернізацією навіски 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 _____ Богатирчук М.В.

Керівник роботи
Куликівський В.Л.
кандидат технічних наук, доцент

Житомир – 2025

АНОТАЦІЯ

Богатирчук Михайло Вікторович. Удосконалення комплексу машин для вирощування соняшнику з модернізацією навіски трактора 4 класу тяги. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2025.

У кваліфікаційній роботі розглянуто питання підвищення ефективності технології вирощування соняшнику шляхом удосконалення комплексу машин, які забезпечують виконання основних агротехнічних операцій. Зокрема, досліджено та проаналізовано сучасний стан технічного забезпечення технологічного процесу вирощування соняшнику, визначено основні проблеми функціонування агрегатів при роботі в різних ґрунтово-кліматичних умовах. Особливу увагу приділено вдосконаленню навіски трактора 4 класу тяги, як ключового елемента, що забезпечує надійне агрегування машин і знарядь з трактором.

У рамках роботи розроблено технічне рішення щодо модернізації конструкції навісного механізму з урахуванням агротехнічних вимог, підвищення тягово-енергетичних характеристик агрегату та зменшення навантажень на вузли машин. Проведено аналітичні та графоаналітичні розрахунки динаміки роботи агрегату, силових взаємодій між трактором і сільськогосподарським знаряддям, визначено оптимальні параметри конструкції.

У результаті реалізації запропонованої модернізації забезпечується покращення стійкості агрегату, зменшення витрат пального, підвищення надійності та довговічності роботи техніки.

Ключові слова: машинно-тракторний парк, навіска, трактор, соняшник, технологія.

ANNOTATION

Bogatyrchuk Mikhail Viktorovich. Improvement of the complex of machines for growing sunflower with modernization of the tractor linkage of the 4th class of traction. – 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, 2025.

The qualification work considers the issue of increasing the efficiency of sunflower cultivation technology by improving the complex of machines that ensure the performance of basic agrotechnical operations. In particular, the current state of technical support for the technological process of sunflower cultivation is investigated and analyzed, the main problems of the functioning of the units when working in different soil and climatic conditions are identified. Particular attention is paid to the improvement of the tractor hitch of the 4th traction class as a key element that ensures reliable aggregation of machines and tools with the tractor.

As part of the work, a technical solution was developed to modernize the design of the hitch mechanism, taking into account agrotechnical requirements, increase the traction and energy characteristics of the unit and reduce the loads on machine components. Analytical and graphical calculations of the dynamics of the unit, power interactions between the tractor and agricultural implements were carried out, and the optimal design parameters were determined.

As a result of the implementation of the proposed modernization, the stability of the unit is improved, fuel consumption is reduced, and the reliability and durability of the equipment are increased.

Keywords: machine and tractor fleet, hitch, tractor, sunflower, technology.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКУ	9
РОЗДІЛ 2. ВИБІР СКЛАДУ МАШИНО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТУ ЗА СУКУПНИМИ ЗАТРАТАМИ.....	15
РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗДІЛ.....	22
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	32
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	34

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. В умовах динамічного зростання попиту на олійні культури, передусім соняшник, забезпечення належної технічної бази агровиробництва набуває стратегічного значення. Соняшник відіграє ключову роль у продовольчій та олійній безпеці України, займаючи близько 30 % площ під олійними культурами. З огляду на збільшення вимог до продуктивності та якості врожаю, необхідно підвищувати технічний рівень засобів обробітку ґрунту та догляду за посівами. Особливо це стосується тракторів 4-го тягового класу, які переважно використовуються на середніх і малих господарствах, де модернізація техніки найчастіше є оптимальним шляхом до підвищення рентабельності.

Сучасні навіски тракторів цього класу не завжди забезпечують необхідну точність загортання насіння та регулювання глибини обробітку. Часті механічні втрати потужності, недостатня стійкість обладнання в борозні та нерівномірний розподіл інтенсивності навантаження призводять до зростання питомої витрати палива та зниження якості технологічного процесу. Як наслідок, продуктивність машинно-тракторного парку відстає від світових стандартів на 10...15 %, що безпосередньо відображається на собівартості виробництва та економічній доцільності культивування соняшнику.

Економічні чинники відіграють вагомий роль у мотивації модернізації: зростання вартості енергоносіїв і обмеженість фінансових ресурсів сільгоспвиробників стимулюють пошук шляхів оптимізації експлуатаційних витрат. Запропоновані технічні рішення, такі як впровадження гідравлічних регуляторів та використання зносостійких матеріалів у вузлах кріплення, дозволяють скоротити експлуатаційні затрати на обслуговування роторів навіски й полегшити технічне обслуговування. Це сприяє збільшенню періоду ефективної експлуатації обладнання та зниженню простоїв, а отже й економічному зростанню агровиробництва.

Окрім економічної доцільності, модернізація навіски має важливе екологічне значення. Зменшення ущільнення ґрунту за рахунок більш рівномірного розподілу навантаження знижує ризик деградації ґрунтових структур, покращує водно-повітряний режим і сприяє біорізноманіттю ґрунтових мікроорганізмів. Крім того, оптимізація технічних характеристик обладнання призводить до зниження викидів шкідливих речовин у атмосферу, що відповідає національним та європейським екологічним стандартам ведення сільськогосподарської діяльності.

Отже, удосконалення комплексу машин для вирощування соняшнику з модернізацією навіски тракторів 4-го тягового класу є актуальним науково-практичним завданням. Розроблені інноваційні технічні рішення сприятимуть підвищенню продуктивності, економічної рентабельності та екологічної безпеки агровиробництва, що в довгостроковій перспективі посилить конкурентоспроможність вітчизняної продукції на світовому ринку.

Мета роботи: розробити та обґрунтувати технічні рішення з модернізації навісного механізму трактора 4-го тягового класу в складі комплексу машин для вирощування соняшнику з метою підвищення точності виконання агротехнічних операцій, зменшення питомої витрати енергії та покращення експлуатаційних характеристик машинно-тракторного парку.

Завдання дослідження:

- проаналізувати сучасний стан технології вирощування соняшнику вітчизняними й зарубіжними науковими джерелами, визначити основні агротехнічні вимоги та проблемні зони використання існуючої техніки;
- проаналізувати сучасний стан і світовий досвід застосування навісних механізмів тракторів 4-го тягового класу у технологічному процесі вирощування соняшнику;
- визначити слабкі місця існуючих конструкцій навіски щодо точності загортання насіння, регулювання глибини обробітку та стійкості агрегатів у борозні;

- розробити варіанти технічних рішень для модернізації вузлів кріплення та регулювання навіски, включаючи застосування зносостійких матеріалів і гідравлічних підсилювачів.

Об'єкт дослідження – комплекс машин для вирощування соняшнику, що включає трактор 4-го тягового класу з навісним обладнанням для виконання операцій посіву, догляду та збирання культури.

Предмет дослідження – технічні рішення та конструкторські параметри модернізації навісного механізму трактора 4-го класу тяги, спрямовані на підвищення точності регулювання глибини обробітку, зменшення питомої витрати енергії та покращення експлуатаційної надійності комплексу машин.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. Куликівський В.Л., Богатирчук М.В., Веремій Т.Б. Тенденції розвитку сільськогосподарських тракторів. Збірник тез доповідей XI Міжнародної науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь» з нагоди 30-річчя започаткування підготовки ОС «Бакалавр» за спеціальністю «Агроінженерія» 11 квітня 2025 року м. Житомир / МОН України, Житомирський агротехнічний фаховий коледж. Київ. Видавничий центр ЖАТФК України, 2025. С. 93-96.

2. Богатирчук М.В. Технологічний процес збирання врожаю соняшника. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали V Міжнар. наук.-практ. конференції молодих учених (Запоріжжя, 03-28 лютого 2025 р.). Запоріжжя: ТДАТУ, 2025. С. 94-96.

Практичне значення одержаних результатів. Практичне значення одержаних результатів полягає в суттєвому зниженні питомої витрати палива на 8–10 %, що дозволяє зменшити собівартість агротехнічних операцій та знизити викиди шкідливих газів, підвищенні надійності тракторного парку за рахунок застосування зносостійких матеріалів і гідропідсилювача керування, внаслідок чого частота позапланових простоїв і ремонтів скорочується на 15–20

%. Оптимізований розподіл навантаження зменшує ущільнення ґрунту, покращує його водно-повітряний режим і структуру, що сприяє підвищенню врожайності соняшнику на 5–7 %. Запропоновані технічні рішення уніфікують і стандартизують навісні вузли тракторів 4-го класу тяги різних виробників, полегшуючи їх переоснащення, закупівлю запасних частин та обслуговування. Методичні вказівки з монтажу, налаштування й експлуатації модернізованої навіски можуть бути інтегровані до технологічних регламентів агропідприємств, що сприятиме оперативному впровадженню розробки в практику. У результаті загальні операційні витрати на вирощування соняшнику можуть скоротитися до 20 %, підвищивши економічну ефективність і конкурентоспроможність вітчизняної продукції як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 21 найменування. Загальний обсяг роботи становить 35 сторінок комп'ютерного тексту, містить 7 рисунків.

РОЗДІЛ 1

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКУ

Оптимальний вибір попередника для соняшнику сприяє створенню сприятливих умов живлення та зменшенню фітосанітарного навантаження на поле. Найбільш доцільними попередниками вважаються зернові колосові культури (пшениця, ячмінь) та бобові (горох, соя), оскільки вони забезпечують розпушення ґрунту й підвищують його органічну складову. Після кукурудзи та коренеплодів потрібно враховувати підвищену ймовірність забур'яненості та ризик фузаріозу, тому для очищення поля рекомендовано застосувати післяжнивний гліфосат. Осінній обробіток ґрунту включає плужне рихлення на 25–30 см, що сприяє збереженню вологи та зниженню ерозії. Навесні здійснюють лущення стерні дисковими боронами, яке розбиває грудки та вирівнює поверхню поля. Далі проводиться коткування ґрунту для ущільнення дрібних частинок і створення рівномірної посівної борозни. Передпосівний культиваційний обробіток забезпечує оптимальну структуру ґрунту та сприяє кращому контакту насіння із землею. Дотримання таких агротехнічних заходів формує оптимальне середовище для утворення дружних сходів і закладки кореневої системи.

Підготовка насіннєвого матеріалу є одним із ключових етапів у технології вирощування соняшнику. Насіння сортують за калібром, видаляючи незрілі зернівки та пошкоджені екземпляри. Далі проводять протруювання, використовуючи фунгіцидні препарати на основі тіаметоксаму, тритіконазолу чи флудиоксонілу, що запобігає розвитку корневих гнилей і полегшує проходження сходів. Для покращення енергії проростання можливе застосування інокулянтів, які стимулюють розвиток корневих бульбашок і підвищують азотфіксацію в ґрунті. До посіву насіння витримують при оптимальній вологості (8–12 %) і температурі (+15...+20 °C) для збереження польової схожості. Підготовлене насіння завантажують у бункер сівалки

безпосередньо перед проведенням операції, щоб уникнути втрат властивостей через тривале зберігання.

Сівба соняшнику здійснюється в оптимальні агрокліматичні терміни, коли середньодобова температура ґрунту на глибині 10 см досягає $+8...+10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ідеальні строки в Лісостепу України зазвичай припадають на другу половину квітня – першу половину травня. Вибір ширини міжрядь залежить від родючості ґрунту та рівня зволоження: 45–50 см для умов достатнього зволоження й 70 см – в посушливих зонах. Норм висіву регулюється від 50 до 65 тис. насінин на гектар із коригуванням відповідно до потенційної врожайності сорту. Посівну глибину встановлюють у межах 4–6 см, що забезпечує доступ зернівок до необхідної вологи та мінімізує ризик заглиблення. Управління швидкістю руху сівалки (4–5 км/год) і плавність початку посіву запобігають нерівномірному закладенню насіння. Сучасні точні сівалки з електронним контролем норм висіву суттєво підвищують ефективність операції та знижують втрати ресурсів.

Комплексне живлення соняшнику передбачає осіннє внесення мінеральних добрив та дві позакореневі підгодівлі в період вегетації. Основне внесення здійснюють у нормі 60–80 кг/га діючої речовини азоту, 40–60 кг/га фосфору та 30–40 кг/га калію. Для підвищення доступності поживних речовин слід застосувати кристалічні чи гранульовані комплекси N–P–K із рівномірним розподілом гранул по площі. Перша підгодівля аміачною селітрою (20–30 кг/га азоту) проводиться у фазі 4–6 справжніх листків, коли потреба рослини в азоті зростає. Друге підживлення виконують на початку бутонізації з використанням карбаміду або сульфату амонію з умістом мікроелементів (бор, цинк) для формування рясних кошиків. Позакореневі обробки стимулюють інтенсивне ділення клітин та підвищують стійкість до посухи. Контроль рН ґрунтового розчину та періодичний моніторинг вмісту NO_3^- , H_2PO_4^- і K^+ у ґрунті допомагають коригувати схему живлення відповідно до фактичних потреб культури.

Агротехнічні заходи з контролю бур'янів базуються на комплексі до- і післясходових обробок. До появи сходів культури поле обробляють суцільними гліфосатними гербіцидами, які знищують зимуючі та однорічні види бур'янів. Після появи 3–4 справжніх листків застосовують селективні післясходові гербіциди на основі імазамоксу, клорасуламу чи метолахлору з нормами витрати 0,5–1,0 л/га. Для поліпшення дії препаратів рекомендується додавання ад'ювантів, що знижують поверхневий натяг краплі й забезпечують рівномірне покриття листової поверхні. Механічні операції (глибоке боронування, міжрядний культиватор) у фазі 2–3 листків доповнюють хімічний захист, особливо в умовах високої забур'яненості. Після досягнення рослинами висоти 30–35 см механічні операції заборонені, щоб уникнути пошкодження кореневої системи.

Захист від хвороб включає проведення фунгіцидних обробок згідно з фітосанітарними прогнозами. Першу обробку проти фомопсису, септоріозу та іржі проводять у фазі передбутонізації (6–8 справжніх листків) речовинами на основі діфеноконазолу або пропіконазолу. Наступні фунгіцидні інтервенції виконуються за появи перших симптомів хвороби або за фонових значень індексу захворюваності у 10 %. Загальна кількість обробок не повинна перевищувати трьох, щоб уникнути резистентності збудників. Застосування біопрепаратів (*Trichoderma* spp., *Bacillus subtilis*) в якості ґрунтової підкладки може знизити ризики корневих гнилей. Постійне моніторування стану листової поверхні допомагає вчасно виявляти осередки ураження та коригувати стратегію захисту.

Інтегрована боротьба зі шкідниками передбачає поєднання феромонного моніторингу, агротехнічних заходів та хімічних препаратів. Встановлення феромонних пасток для стеження за льотом стеблового метелика, совок та капустяного комарика дозволяє оцінити чисельність шкідника й обґрунтувати доцільність обробки. Інсектициди групи піретроїдів (лямбда-цігалотрин) або неонікотинοїдів (імідоклоприд) застосовують у критичні фази: наприкінці формування кошика та на початку цвітіння. Для мінімізації негативного впливу

на корисних комах слід уникати обробок у ранкові та вечірні години. Після внесення препаратів поле закривають вітрозахисними екранами або покриттями, особливо за наявності бджолиних пасік поблизу.

У період інтенсивного цвітіння та запилення соняшнику важливим є збереження вологи в верхньому шарі ґрунту. У посушливих умовах проводять до трьох зрошень: у фазі бутонізації, у період масового цвітіння й у фазі молочної стиглості насіння. Норма поливу становить 300–400 м³/га за один захід з інтервалом 10–14 днів. Використання високоефективних дощувальних машин із статичними чи осьовими розбризкувачами забезпечує рівномірне розподілення води. Моніторинг вологості ґрунту з допомогою тензометрів або електронних датчиків дозволяє уникнути перенасичення й оптимізувати витрати води. Відновлення оптимального рівня вологи сприяє підвищенню маси 1000 насінин та покращенню якості олії.

Застосування точного землеробства та новітніх інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) дозволяє підвищити ефективність виробництва соняшнику. Використання дронів для аерофотозйомки допомагає оперативно виявляти проблемні зони з низькою вологістю чи високою забур'яненістю. Карти зон відмінностей у розвитку рослин на основі супутникових знімків дозволяють диференційовано вносити добрива та здійснювати прицільну обробку пестицидами. Системи GPS-контролю керування сільськогосподарськими машинами забезпечують високу точність посіву, внесення добрив і зрошення. Автоматизовані платформи збору даних про стан ґрунту й кліматичних умов сприяють прийняттю обґрунтованих агрономічних рішень.

Супутниковий моніторинг стану посівів сприяє прогнозуванню врожайності та своєчасному виявленню аномалій. Регулярне сканування NDVI-індексу дозволяє відстежувати хлорофільну активність рослин і виявляти ділянки зі зниженим фотосинтезом. Інтеграція метеостанцій із агрометеорологічними моделями дає змогу прогнозувати потребу культури у волозі та вносити корективи в графік зрошень. Застосування хмарних платформ

для зберігання та аналізу даних підвищує доступність інформації для всіх учасників виробничого ланцюжка.

Практичне застосування системи «розумного поля» з датчиками ґрунту та повітря сприяє оптимізації ресурсів. Датчики вологості, температури та електропровідності ґрунту встановлюють на глибині 10–20 см у ключових точках поля. Інформація передається в режимі реального часу на мобільні пристрої агронома, що дозволяє швидко реагувати на зміни умов. Автоматизовані клапани в поливних системах відкриваються та закриваються залежно від показників вологості. Системи розумного удобрення вносять добрива лише в зони з низьким вмістом поживних речовин, знижуючи витрати та мінімізуючи екологічний вплив.

Механізація операцій із внесення ЗЗР та добрив вимагає застосування спеціалізованих обприскувачів і розкидачів. Штангові обприскувачі з шириною захвату 18–24 м забезпечують рівномірне покриття площі. Опрацювання роботи дозуючого насоса й регулювання тиску оптимізують розмір краплі та зменшують стік розчину з листа. Розкидачі добрив із GPS-контролем гарантують дотримання норм внесення з точністю до 2 %. Регулярне калібрування обладнання та технічне обслуговування запобігають неточностям і знижують втрати речовини.

Підготовка ґрунту та підживлення підсилюють ефект післяжнивних сидератів, які використовують як зелений добривний покрив. Сорти люпину, гірчиці та фацелії висівають після збирання попередника, щоб збільшити вміст органічної речовини. Глибоке зароблення сидератів під плуг восени підвищує аерацію та структуру ґрунту. Часткове залишення рослинних решток в рядках посіву зменшує водну ерозію й підтримує біоту ґрунту.

Проби ґрунту на вміст гумусу, реакцію середовища та рухомі форми елементів живлення відбирають раз на три роки. Лабораторний аналіз визначає потребу в вапнуванні для підтримки рН у межах 6,0–6,8. Коригування кислотності поліпшує внесення та засвоєння фосфору й калію. Результати дослідження ґрунту лягли в основу довгострокового плану удобрення поля.

Завершальний етап вирощування соняшнику – технологічне збирання проводиться за вологості насіння 8–10 %. Комбайни налаштовують так, щоб мінімізувати пошкодження зернівки та зменшити падіння кошиків. Використання похилих решіт і регульованого молотильного барабана зменшує пошкодження насіння нижче 2 %. Після збирання проводять первинне очищення від домішок та сушіння до 7 % вологості. Сушильні комплекси з регульованим температурним режимом (40–45 °C) запобігають втраті олійності насіння.

Загалом інтеграція агротехнологій, точного землеробства та сучасних засобів захисту дозволяє досягти стабільної врожайності соняшнику 2,5–3,5 т/га. Дотримання всіх агротехнічних заходів, своєчасна діагностика стану посівів і коригування технології забезпечують високі результати за мінімальних витрат ресурсів. Постійне вдосконалення технології вирощування сприяє підвищенню економічної ефективності й екологічної безпеки виробництва.

У впровадженні нових технологічних рішень важливо враховувати регіональні кліматичні особливості та ґрунтові властивості. Локальні агрономічні дослідження дозволяють адаптувати загальні рекомендації до умов конкретного господарства. Співпраця з науково-дослідними інститутами та університетами забезпечує постійний потік інновацій. Постійне підвищення кваліфікації агрономів і операторів техніки сприяє якісному виконанню технологічних операцій.

З урахуванням подальшого розвитку галузей точного землеробства та біотехнологій, перспективними напрямками є використання гібридів з підвищеною посухостійкістю та стійкістю до хвороб. Розробка біопрепаратів на основі ендofітних грибів і бактерій сприятиме зниженню хімічного навантаження на екосистему. Впровадження систем керованого диференційованого внесення ресурсів дає змогу ще більше оптимізувати виробничий процес.

РОЗДІЛ 2

ВИБІР СКЛАДУ МАШИНО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТУ ЗА СУКУПНИМИ ЗАТРАТАМИ

2.1 Формування строків виконання оранки

Для отримання високих показників урожайності необхідно чітко дотримуватися агротехнічних вимог, серед яких оранка є найбільш енергомісткою операцією. В якості базових машинно-тракторних агрегатів вибрано найбільш поширені комбінації: трактор ХТЗ-17221 із плугом ПЛН-5-35 та трактор МТЗ-80/82 із плугом ПЛН-3-35, що відповідають своєму тяговому класу.

Агрокліматичні норми рекомендують починати оранку не раніше 15 серпня й завершувати її протягом 10 діб. Для оцінки фактичного строку виконання робіт враховуємо експлуатаційну надійність агрегату (трактор плюс плуг) та змінність природно-кліматичних умов. З урахуванням цих факторів кількість календарних днів, необхідних для завершення оранки, визначається за відповідною формулою.

$$D = T \cdot K_{нт} \cdot K_{нп} \cdot K_{ку}, \quad (2.1)$$

де T – агротехнічні терміни, відведений для виконання операції (за розробленими техкартами 10 днів);

$K_{нт}$, $K_{нп}$ – коефіцієнти надійності вибраного трактора і сільськогосподарської машини (за рекомендаціями [8, 14] приймаємо $K_{нт}=0,75$, $K_{нп}=0,95$);

$K_{ку}$ – коефіцієнт врахування кліматичних умов даної природньо-кліматичної зони та періоду року за [7] приймаємо $K_{ку}=0,9$.

В результаті підстановки значень у формулу (2.1), маємо:

$$D = 10 \cdot 0,75 \cdot 0,95 \cdot 0,9 = 6,41 \text{ днів}$$

2.2. Розрахунок витрат і вибір оптимального агрегату

Калькуляцію проводимо з урахуванням річного навантаження для кожного із розглянутих тракторів та встановленого обсягу оранки в рамках строків, визначених у попередньому підпункті.

Оскільки загальна площа оранки складає 50 га, приймаємо початок робіт з 10 вересня та тривалість виконання – 6,4 календарних діб.

Спочатку визначаємо кількість нормо-змін $K_{н-з}$, необхідну для обробітку 50 га плугом у складі агрегату ХТЗ-17221 + ПЛН-5-35, використовуючи відповідну формулу.

Аналогічно розраховуємо $K_{н-з}$ для виконання оранки на площі 489 га кожним із запропонованих до аналізу машинно-тракторних агрегатів за тією ж методикою:

$$K_{н-з} = \frac{H}{W_{зм}}, \quad (2.2)$$

де H_p – об'єм необхідних робіт, га;

$W_{зм}$ – продуктивність агрегату за одну зміну, га/зм.

$$K_{н-з} = \frac{50}{12,24} = 4.08 \text{ норм.-змін}$$

Беручи до уваги кількість наявних тракторів ХТЗ-17221, для виконання заданого обсягу робіт необхідно 4 нормо-зміни.

У свою чергу загальні витрати на виконання всього обсягу робіт $\Sigma Z_{o.p.}$ для цього агрегату обчислюються за формулою:

$$\Sigma Z_{o.p.} = n_m \cdot Z_{o.p.}, \quad (2.3)$$

де n_m – кількість тракторів даної марки, од.;

$Z_{o.p.}$ – всього затрат на весь об'єм робіт ($Z_{o.p.}=45843,82$ грн.)

Після підстановки, отримаємо:

$$\Sigma Z_{o.p.} = 1 \times 45843,82 = 45843,60 \text{ грн.}$$

Продуктивність агрегату ХТЗ-17221+ПЛН-5-35 за агротехнічними термінами W_D визначається за залежністю:

$$W_D = D \cdot W_{3M}, \quad (2.4)$$

Після підстановки отримуємо:

$$W_D = 6,41 \times 12,24 = 78,4 \text{ га.}$$

Для виконання оранки 50 га в установлені агротермінальні строки (6,4 доби) задіяно один агрегат ХТЗ-17221 із плугом ПЛН-5-35.

Для визначення потреби в таких МТА (n_{MTA}) застосовуємо формулу:

$$n_{MTA} = \frac{H_p}{W_{3M} \times D \times 1,5} \quad (2.5)$$

Після вставлення значень, отримуємо:

$$n_{MTA} = 1 \text{ агр.}$$

Вибираємо агрегат ХТЗ-17221+ПЛН-5-35.

2.3. Розробка операційно-технологічної карти

Операційно-технологічна карта є головним нормативним документом, що встановлює послідовність виконання технологічної операції. Вона охоплює такі блоки інформації: умови проведення операції; агротехнічні вимоги (склад та підготовка машинно-тракторного агрегату до роботи); підготовка поля; рух агрегату у загоні; критерії ефективності роботи агрегату; перевірка якості виконання операції; заходи з охорони праці та захисту довкілля.

У розрахунково-пояснювальній записці наведено лише ті розрахунки, які обґрунтовують вибір складу агрегату, встановлення оптимального швидкісного режиму та показників продуктивності механізованих робіт. Решта розділів оформлюється на аркушах графічної частини.

Вихідні дані для складання операційно-технологічної карти:

Назва операції – оранка,

Площа поля – $F=50$ га;

Розміри поля (довжина $L=900$ м, ширина $C=556$ м);

Конфігурація поля – правильний прямокутник;

Агрофон – стерня;

Схил поля – $i=2$ %;

Склад МТА – ХТЗ -17221+ПЛН-5-35;

Питомий опір плуга при $V=5$ км/год - $k_0=49$ кН/м²;

Технологічно допустима швидкість $V_{техн}=6...10$ км/год.

Однією з ключових передумов для досягнення високої продуктивності та ефективного використання машинно-тракторного парку є коректний підбір і комплектування агрегатів. При цьому слід керуватися агротехнічними вимогами до якості виконуваних операцій та рівнем завантаження трактора — основними критеріями правильного агрегування.

Агрегат вважається оптимально сформованим, якщо він:

- відповідає агротехнічним стандартам та забезпечує високу якість виконання робіт;
- дозволяє досягти максимальної продуктивності за мінімальних витрат пального.

Для підбору агрегату необхідно знати тягові характеристики трактора і величину опору сільськогосподарського знаряддя. Далі виконуємо розрахунок оптимальної ширини захвату агрегату за формулою:

$$B_{opt} = \sqrt{\frac{\Psi \cdot G \cdot l_p}{k_x \cdot k_0}}, \quad (2.6)$$

де B_{opt} – оптимальна ширина захвату агрегату, м;

Ψ – коефіцієнт опору переміщення трактора по полю;

l_p – робоча довжина поля, м;

G – сумарна вага трактора та плуга (за [2, 3, 5] ($G_m=87$ кН, $G_{пл}=8$ кН, сумарна вага МТА $G=95,00$ кН);

k_0 – питомий опір машини при швидкості руху $V=5$ км/год, $k_0=46...52$ кН/м² [3, 4];

k_x – кінематична характеристика агрегату.

Коефіцієнт опору руху трактора по полю ψ визначаємо за формулою:

$$\psi = f \cdot \cos \alpha + \sin \alpha, \quad (2.7)$$

де α – схил поля, $\alpha \approx 2^\circ$;

f – згідно з даними літератури, опір коченню колісного трактора по стерні характеризується спеціальним коефіцієнтом. [4, 5] $f=0,06...0,08$). Підставивши значення у залежність (2.16) отримаємо:

$$\psi = 0.08 \times \cos 2^\circ + \sin 2^\circ = 0,41$$

Показник кінематичної характеристики агрегату k_x визначають як співвідношення середньої довжини холостого пробігу ℓ_x , що припадає на один робочий хід l_p , до ширини захвату b_k :

$$k_x = \frac{2l_x}{b_k} \quad (2.8)$$

Для комбінованого методу повороту вліво та вправо (як у фазі згортання, так і в фазі розгону) довжину холостого пробігу l_x обчислюють за формулою:

$$l_x = 7 \cdot R_o + 2e, \quad (2.9)$$

де R_o – радіус повороту агрегату, м;

e – довжина виїзду агрегату, м.

Радіус повороту агрегату R_o розраховуємо за формулою:

$$R_o = 4,0 \cdot b_k, \quad (2.10)$$

Загальна ширина захвату плуга ПЛН-5-35 обчислюється як добуток числа його корпусів на ширину захоплення кожного з них $b_k = 5 \times 0,35 = 1,75$ м.

Підставивши значення у формулу (2.10), маємо:

$$R_o = 4 \times 1,75 = 7 \text{ м.}$$

Розмір виїзду агрегату визначають за наступною формулою:

$$e = 0,4 \cdot l_k, \quad (2.11)$$

де l_k – кінематичну довжину агрегату отримують шляхом підсумовування кінематичних довжин трактора $l_m = 6,4$ м, та плуга $l_n = 4,4$ м.

$$l_k = l_m + l_n. \quad (2.12)$$

Після установки значень у формулу (2.12), отримуємо:

$$l_k = 6,4 + 4,4 = 10,8 \text{ м.}$$

За формулою (2.11) довжина виїзду агрегату складає:

$$e = 0,4 \times 10,8 = 4,32 \text{ м}$$

Довжина холостого ходу за виразом (2.9) складає:

$$l_x = 7 \times 7 + 2 \times 4,32 = 57,64 \text{ м.}$$

Довжина робочого ходу розраховується за залежністю:

$$l_p = L - 2 \cdot E, \quad (2.13)$$

де L – протяжність гону поля вздовж напрямку оранки, розрахована за вихідними даними. $L = 900 \text{ м}$);

E – ширина поворотної смуги, яка розраховується за формулою:

$$E = 2,0 \cdot R_o + e + \frac{b_k}{2}. \quad (2.14)$$

Підставивши значення у формулу (2.14), маємо:

$$E = 2,0 \times 7 + 4,32 + \frac{1,75}{2} = 19,1 \text{ м.}$$

Для розрахунку ширини поворотної смуги беруть найближче ціле значення (тут – 19) і множать його на ширину захвату. Відповідно, отримаємо:

$$E = 19 \times 1,75 = 33,25 \text{ м.}$$

За формулою (2.2) маємо довжину робочого ходу:

$$l_p = 900 - 2 \times 33,25 = 833,5 \text{ м.}$$

Виконавши підстановку значень у рівняння (2.11), визначаємо кінематичну характеристику агрегату:

$$k_x = \frac{2 \times 57,64}{1,75} = 65,6$$

Знаючи складові частини виразу (2.6), визначаємо оптимальну ширину захвату:

$$B_{opt} = \sqrt{\frac{0,41 \times 95 \times 833,5}{65,6 \times 40}} = 3,5 \text{ м.}$$

Отже, за вказаних умов для виконання оранки приймаємо машинно-тракторний агрегат ХТЗ-17221+ПЛН-5-35 з шириною захвату плуга 1,75 м.

Отже, для заданих умов оранки обираємо машинно-тракторний агрегат ХТЗ-17221 із плугом ПЛН-5-35, ширина захвату якого становить 1,75 м.

Результати подальших розрахунків відображаємо в графічній частині.

РОЗДІЛ 3

КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗДІЛ

3.1 Способи регулювання глибини обробітку ґрунту

Операції, пов'язані з обробкою ґрунту за допомогою сільськогосподарських тракторів, належать до найенергоємніших тягових технологічних процесів. У рослинництві до таких видів робіт відносять оранку — розпушування ґрунту на глибину від 0,20 до 0,27 м із допустимим відхиленням $\pm 0,01$ м на рівних ділянках і $\pm 0,02$ м на нерівних. Забезпечення заданої глибини обробітку є однією з ключових агротехнічних вимог і досягається через різні способи регулювання начіпних агрегатів: силовий, висотний, позиційний та їх комбіновані варіанти.

Силове регулювання здійснюється автоматично завдяки взаємодії гідросистеми трактора з основним гідроциліндром, який змінює положення робочих органів. На схемі (рис. 3.1 а) зображено гідромеханічний принцип дії силового регулятора: верхня тяга начіпного механізму через передній кінець з'єднана з маятниковим важелем 12, що разом із пружиною 11 виконує роль датчика сили.

Під час розпушування ґрунту на глибину H робочі органи ґрунтообробної машини № 10 піддаються реактивним силам ґрунту. Їх сумарну силу $R_{рез}$ (результуючу) можна передати на верхню тягу й розкласти на дві складові: F уздовж тяги та Q , направлену через шарнір вісі підвіски.

Під дією зусилля F важіль 12 переміщується до позиції, в якій пружина 11 своїм натягом урівноважує це зусилля. У такому положенні масло від насоса 2 через відкритий перепускний клапан 4 надходить назад у бак, бо вхід А силового регулятора 5 закритий. Одночасно камери поршня та штока гідроциліндра 8 залишаються ізольованими, що забезпечує фіксацію положення робочих органів знаряддя 10.

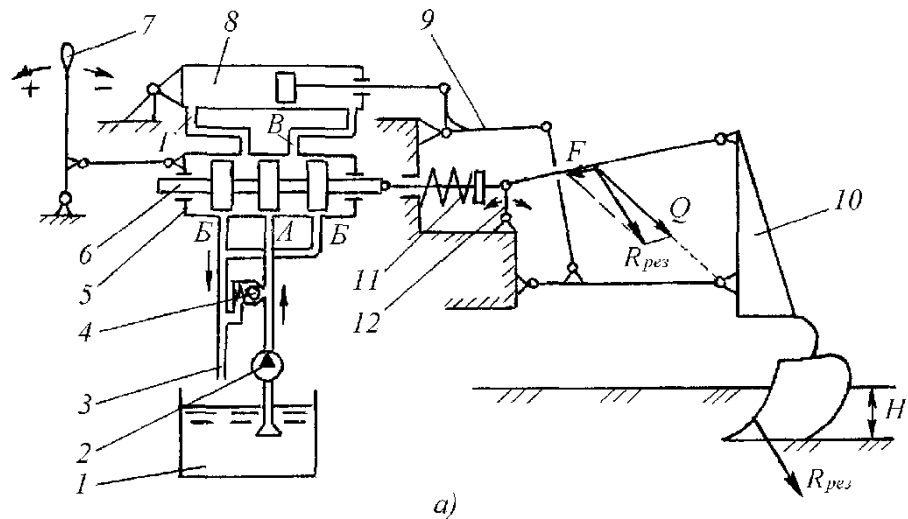


Рис. 3.1 Схема гідромеханічного силового контролю висоти навісних машин

При зміні реактивної сили R_{pez} , що виникає через зміну глибини обробітку ННН або властивостей ґрунту, порушується рівновага між зусиллям пружини 11 та силою F . Якщо F зростає, важіль 12 повертається проти годинникової стрілки, стискаючи пружину 11 і штовхаючи золотник 6 у бік лівого положення. Утворюється канал А, через який по лінії В надходить під тиском масло в штокову порожнину циліндра 8, а поршнева порожнина сполучається з зливною секцією через канал Г і отвір Б. Під дією цього переміщення поршня через важіль 9 і розкоси навіски піднімають знаряддя 10, що знижує травматичну силу до початкового рівня F і повертає глибину обробітку до заданого значення H .

У разі зменшення реактивної сили, коли глибина обробітку знижується, гідросистема самостійно повертає знаряддя 10 у вихідне положення, встановлене оператором, з'єднуючи поршкову порожнину з напірною магістраллю. Для ручного коригування глибини служить важіль 7, що з'єднаний із корпусом силового регулятора 5. Повертаючи важіль 7 проти годинникової стрілки, корпус регулятора зміщується вліво, відкриваючи канал А, який сполучає напірну лінію з каналом Г та поршневою порожниною циліндра. Це призводить до збільшення глибини обробітку й сили F , через

що важіль 12 знову переміщується проти годинникової стрілки, золотник 6 фіксується в нейтральному положенні, але вже при новій, більшій глибині H .

Серед плюсів силового регулювання — повністю автоматичне підтримання заданої глибини обробітку ґрунту та постійного тягового зусилля трактора, а також легкість встановлення необхідної глибини оператором. До недоліків відносять те, що характеристика ґрунту безпосередньо впливає на фактичну глибину обробітку, можливість керування обмежена лише одним навісним знаряддям на основному вузлі трактора, і складність самої гідромеханічної системи.

Висотне регулювання здійснюється шляхом монтажу на знаряддя опорно-копіювального колеса з регульованим по висоті положенням (рис. 3.2).

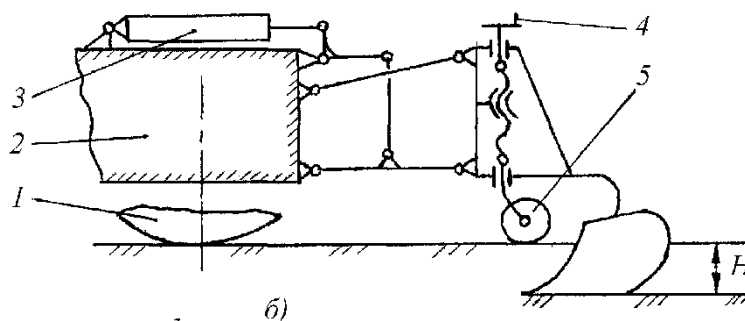


Рис. 3.2. Висотне регулювання.

На рис. 3.2 показано висотне регулювання глибини обробітку. За допомогою гвинтового механізму 4 змінюють вертикальне розташування опорно-копіювального колеса 5 і задають потрібну глибину H . Під час руху агрегату по полю знаряддя завдяки цьому колесу повторює нерівності поверхні, підтримуючи сталу висоту обробітку. Оскільки знаряддя через начіпний пристрій зв'язане з рамою трактора 2, їх взаємне вільне вертикальне переміщення забезпечується «плаваючим» режимом роботи гідроциліндра 3.

До переваг такого способу належать:

- простота конструкції та експлуатації;
- можливість одночасного використання кількох знарядь;
- універсальність—метод придатний як для навісних, так і для причіпних агрегатів.

Серед мінусів цього способу — зростання тягового опору агрегату через тертя колеса в осі й підшипниках, а також втрати енергії при його прокочуванні по ґрунту, що знижує притискну силу знаряддя на ведучі колеса трактора. Водночас висотне регулювання широко застосовується для поєднання трактора з різними ґрунтообробними, посівними та іншими сільськогосподарськими знаряддями.

Позиційне регулювання (рис. 3.3) забезпечує стабільне фіксоване положення знаряддя відносно трактора: необхідну глибину H встановлює гідроциліндр 1, після чого він переводиться в нейтральний режим, і агрегат продовжує рух.

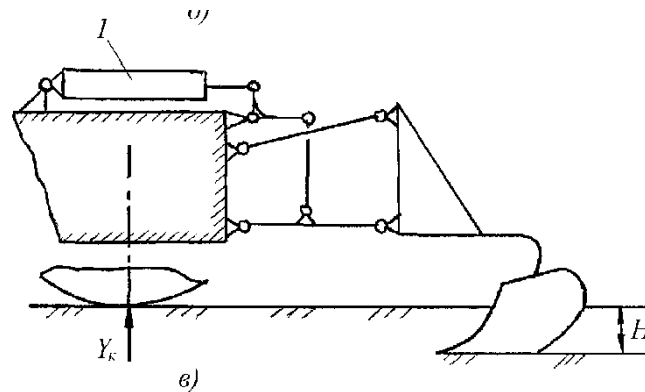


Рис. 3.3 Позиційне регулювання глибини обробітку.

Основні переваги цього методу — проста конструкція: у знарядді відсутні елементи регулювання, а гідросистема трактора під час руху працює в єдиному режимі.

Серед недоліків — нерівномірність глибини обробітку через вплив рельєфу, зміщення положення знаряддя внаслідок витоків оливи в циліндрі, а також коливання тягово-зчіпних характеристик трактора, що виникають при зміні нормальної реакції ґрунту Y_k на ведучих колесах під час роботи по нерівній поверхні..

3.2 Конструкція удосконаленої навіски трактора

У тракторі ХТЗ-17221 навісний механізм кріпиться до рами за допомогою спеціальних кронштейнів і зварних опорних стійок (див. рис. 3.4).

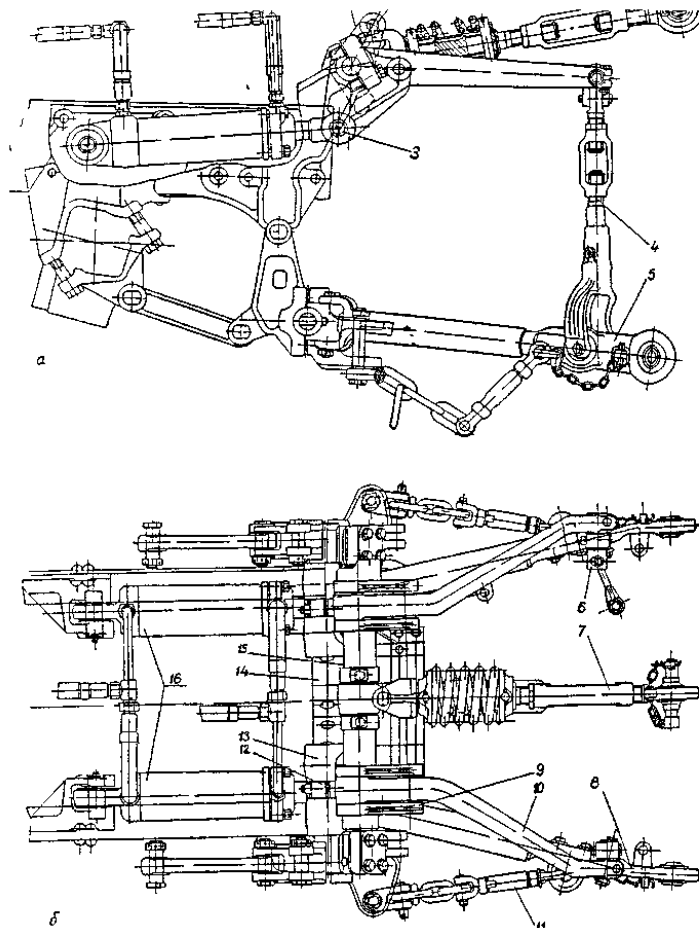


Рис. 3.4 Схема конструкції навіски трактора: а – боковий вигляд; б – вид зверху; 1 – кронштейни стійок; 2 – стрижні стійок; 3 – палець штока; 4, 11 – регулювальні тяги; 5 – нижня тяга; 6 – фіксатор; 7 – верхня тяга; 8 – кріплення ланцюга; 9 – опорна шайба; 10 – верхня тяга; 12 – шток гідроциліндра; 13 – втулка; 14, 16 – вали важелів.

Двосторонній амортизатор верхньої тяги, змонтований на трубці вилки 6, служить для згладжування ударів у навісному механізмі під час поздовжніх коливань знаряддя в робочому та транспортному положеннях. Конструктивно він включає зовнішню пружину 7, внутрішню пружину 8, дві опорні шайби 9 і розташовані в них пальці 10, які проходять через овальні отвори труби та гладку частину гвинта 11.

Коли розтягуюча тягу сила перевищує попереднє стиснення пружин, гвинт 11 висувається з труби, затягуючи опорну шайбу 9 через палець 10 всередину вилки 6 та додатково стискаючи пружини для підвищення демпфірування.

У зв'язку з тим, що знаряддя створює додатковий тяговий опір через тертя колеса в осі та підшипниках і втрати під час його перекичування по ґрунті, а також знижує притискну силу на ведучі колеса трактора, нами запропоновано встановити на навішувальний механізм обмежувальні ланцюги (поз. 5, рис. 3.5).

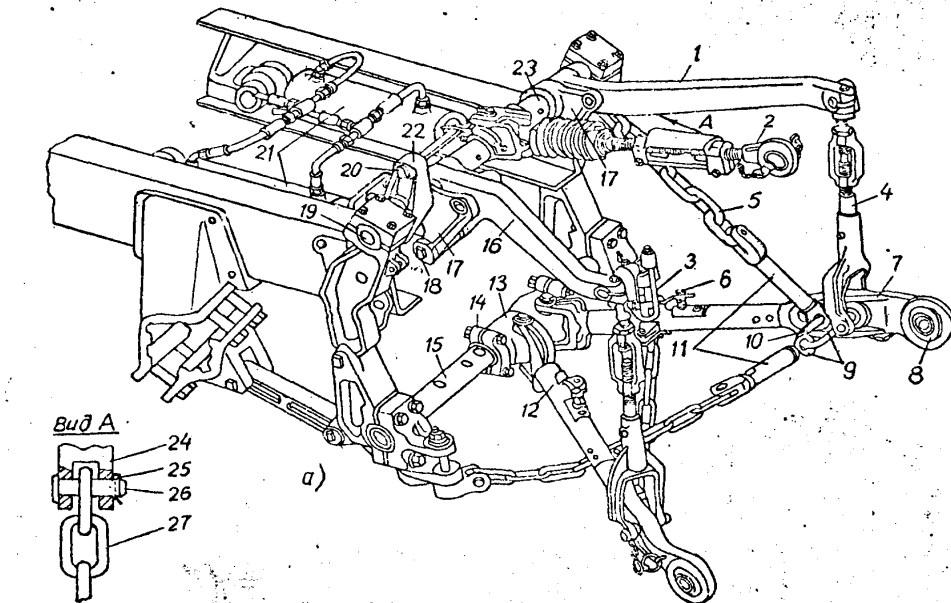


Рис. 3.5. Схема удосконаленої начіпка трактора ХТЗ-17221.

3.3 Розрахунок навісного пристрою

3.3.1 Розрахунок навісного пристрою на міцність та вибір обмежувального ланцюга

Конструкцію навісного пристрою перевіряють на міцність у двох крайніх положеннях знаряддя: опущеному та піднятому. Опущене положення відповідає початку занурення знаряддя, коли на навіс діють і вага агрегата, і сила опору ґрунту, зосереджені в центрі мас. У піднятому положенні на систему впливає лише вага знаряддя. Із цих двох сценаріїв вибирають той, який створює найбільше навантаження, і за його умов проводять розрахунок міцності кожного елемента.

Для вибору габаритів ланцюга слід виконати розрахунок сил, що діють у ланках начіпного механізму. Зусилля в елементах навісного пристрою,

зумовлені результуючими вертикальними силами Q та горизонтальними навантаженнями, обчислюють за формулами, наведеними в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Зусилля в ланках начіпного пристрою

Зусилля		Коефіцієнт	
Вздовж стержня	Перпендикулярно до стержня	K	K'
$T_{12}=K_1 Q+K'R$	$N_{12}=0$	$K_1 = \frac{h \sin \nu}{l_1 \sin(\beta - \alpha)}$	$K'_1 = \frac{h \cos \nu}{l_1 \sin(\beta - \alpha)}$
$T_{12}=K_2 Q+K'_2 R$	$N_{12}= K_3 Q+ K'_3 R$	$K_2 = \cos \nu - K_1 \cos(\nu - \beta)$ $K_3 = \sin \nu - K_1 \sin(\nu - \beta)$	$K'_2 = \sin \nu - K'_1 \cos(\nu - \beta)$ $K'_3 = \cos \nu - K'_1 \sin(\nu - \beta)$
$T_{34}=K_4 R_{рез}$	$N_{34}=0$	$K_4 = \frac{K_3 l_{III}}{l'_{III} \sin(\nu - \varphi)}$	$K'_4 = \frac{K'_3 l_{III}}{l'_{VI} \sin(\nu - \varphi)}$
$P=K_5 Q + K'_5 R$	—	$K_5 = \frac{K_4 l_V \sin(\psi - \varphi)}{l_{VI} \sin(\theta + \tau)}$	$K'_5 = \frac{K'_4 l_V \sin(\psi - \varphi)}{l_{VI} \sin(\theta + \tau)}$

Використовують довжини й кути, зображені на схемі механізму (рис. 3.6), для всіх розрахункових положень.

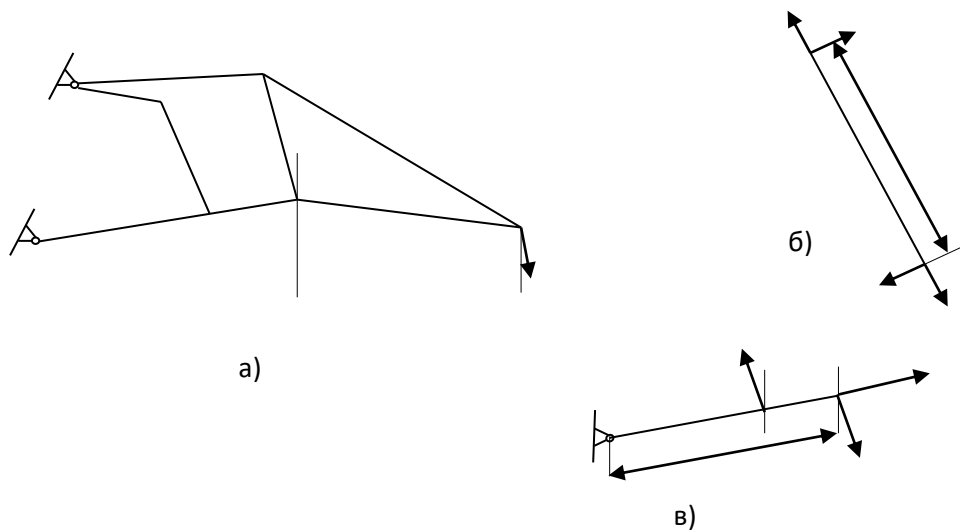


Рис. 3.6 Схеми для розрахунку механізму навіски: а) – загальна; б) – стержень VI; в) – стержень III

На основі формул, наведених у таблиці 3.1, здійснюємо визначення сили розтягу, що діє на стрижень VI:

$$T_{34}=K_4 R_{рез} + \quad (3.1)$$

де $R_{рез}$ – рівнодіюча сила заглиблення корпуса плуга.

K – поправочний коефіцієнт.

Сумарне зусилля, яке характеризує заглиблення плуга, розраховується відповідно до наведеної формули:

$$R_{рез}=250\text{кг} \quad (3.2)$$

Коригувальний коефіцієнт K_3 обчислюється на основі відповідної формули. (3.3):

$$K_3 = \cos \nu - K'_1 \sin(\nu - \beta) \quad (3.3)$$

Значення поправочного коефіцієнта K_4 обчислюється згідно з установленою формулою. (3.4):

$$K_4 = \frac{K_3 l_{III}}{l'_{III} \sin(\nu - \varphi)} \quad (3.4)$$

Після встановлення значень довжин l_{III} , l'_{III} , l_{IV} та кутів φ , ν зі схеми (рис. 3.5) підставляємо ці параметри у формули (3.3) і (3.4) з метою обчислення відповідних поправочних коефіцієнтів:

$$K_3 = \cos 89 - 0.00225 \times \sin(89 - 65) = 0,008 \quad K_4 = \frac{K_3 l_{III}}{l'_{III} \sin(\nu - \varphi)} = \frac{0.008 \times 0.7}{0.7 \times \sin(89 - 50)} = 0,014$$

Знайдені значення коефіцієнтів K використовуємо для підстановки у формулу (3.1):

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

Після обчислення зусилля на розрив T здійснюємо підбір зварного ланцюга, орієнтуючись на розрахунок за формулою 3.5:

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

де k – коефіцієнт запасу міцності ($k=5$)

Підставимо значення у формулу 3.5:

$$T_{max}=3,2 \times 5=16\text{кг}$$

Згідно розрахованого T_{max} визначаємо конструктивні розміри ланцюгового з'єднання.

3.3.2 Розрахунок міцності пальців

Під час експлуатації навісного механізму основне навантаження припадає на шарнірні з'єднання, зокрема на пальці, які сприймають зусилля на зріз. У зв'язку з цим необхідно виконати перевірку міцності запроєктованих пальців.

Розглянемо умови роботи пальця, що з'єднує ланцюг із вушками коромисла (рис. 3.7).

- Діаметр пальця $d = 20\text{мм}$,
- Матеріал – сталь,
- Межа міцності матеріалу $[\tau] = 620\text{ МПа}$.

Умову забезпечення міцності на зріз можна подати у такому вигляді:

$$\tau = \frac{P}{F} = \frac{P}{\frac{\pi d^2}{4}} \leq [\tau] \quad (3.6)$$

У цьому випадку використовується палець з двома робочими площинами зрізу, тож відповідна умова набуває наступного вигляду:

$$\tau = \frac{P}{2F} = \frac{P}{\frac{2\pi d^2}{4}} \leq [\tau] \quad (3.7)$$

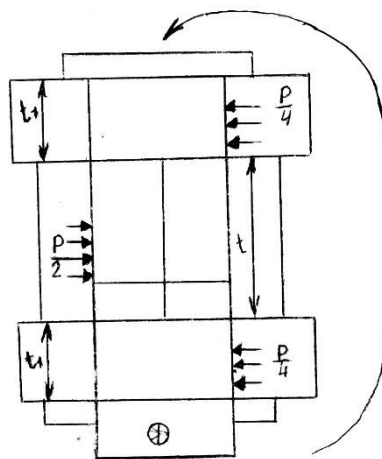


Рис. 3.7 Схема сил, що діють на палець

Допустиме напруження дорівнює:

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

$$[\tau] = 0,8 \cdot 620 = 495\text{ МПа}$$

Підставивши значення у формулу (3.17), одержимо

$$\tau = \frac{90000}{\frac{2 \cdot 3,14 \cdot 2 \cdot 10^{-2}}{4}} = 2,8 \text{ МПа}$$

На основі розрахунків можна зробити висновок, що палець функціонує з істотним запасом міцності.

Висновки

З метою зниження тягового опору машинно-тракторного агрегату запропоновано обладнати начіпку трактора опорними ланцюгами.

Для обґрунтованого вибору типу ланцюга необхідно здійснити розрахунок міцності елементів начіпної системи.

Проведено розрахунок та визначено конструктивні параметри пальця, що використовується для кріплення ланцюга.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У процесі виконання дипломного проєкту було проаналізовано сучасний стан механізованих технологій вирощування соняшнику, виявлено основні недоліки існуючих комплексів машин, а також обґрунтовано напрями удосконалення. Результати дослідження свідчать, що ефективність технологічного процесу значною мірою залежить не лише від агротехнічних умов, але й від технічного стану та конструктивних особливостей машин, які забезпечують виконання відповідних операцій.

Основну увагу було приділено модернізації навіски трактора 4 класу тяги, яка є важливою ланкою у взаємодії трактора з причіпним чи начіпним сільськогосподарським знаряддям. Удосконалення конструкції навіски дало змогу покращити її адаптацію до агротехнічних вимог вирощування соняшнику, підвищити надійність агрегатування, зменшити втрати потужності та знизити рівень механічних навантажень на вузли машино-тракторного агрегату.

Проведені розрахунки силових взаємодій, а також визначення навантажень, які сприймає модернізована навіска, показали, що вдосконалене технічне рішення забезпечує оптимальні умови роботи сільськогосподарських знарядь у різних ґрунтово-кліматичних умовах. Зокрема, поліпшено стабільність агрегату в роботі, знижено ризик пробуксовки та посилено стійкість до механічного зносу.

Впровадження удосконаленої навіски дозволяє суттєво зменшити витрати пального за рахунок зменшення тягового опору агрегату. Крім того, модернізація сприяє підвищенню маневреності агрегату на поворотах і при роботі в обмежених просторових умовах, що особливо важливо при вирощуванні соняшнику на полях з ускладненим рельєфом або нестандартною конфігурацією.

Таким чином, виконана кваліфікаційна робота підтвердила актуальність теми, доцільність технічного вдосконалення та високий потенціал практичного

використання результатів дослідження. Отримані наукові та інженерні рішення можуть стати основою для подальших розробок у сфері підвищення ефективності машинного забезпечення технологій вирощування соняшнику.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бондаренко І.П. Механізація вирощування технічних культур. Київ : НАУ, 2015. 288 с.
2. Вертелецький В.В. Сільськогосподарські машини. Київ : Вища школа, 2020. 320 с.
3. Гаращенко Ф.М. Теорія і розрахунок сільськогосподарських машин. Харків : Основа, 2016. 312 с.
4. Куликівський В.Л., Богатирчук М.В., Веремій Т.Б. Тенденції розвитку сільськогосподарських тракторів. Збірник тез доповідей XI Міжнародної науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь» з нагоди 30-річчя започаткування підготовки ОС «Бакалавр» за спеціальністю «Агроінженерія» 11 квітня 2025 року м. Житомир / МОН України, Житомирський агротехнічний фаховий коледж. Київ. Видавничий центр ЖАТФК України, 2025. С. 93-96.
5. Богатирчук М.В. Технологічний процес збирання врожаю соняшника. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали V Міжнар. наук.-практ. конференції молодих учених (Запоріжжя, 03-28 лютого 2025 р.). Запоріжжя: ТДАТУ, 2025. С. 94-96.
6. Борак К. В. Комплексний підхід підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин : дис. ... д-ра. техн. наук : 05.05.11 / Поліський національний університет, м. Житомир. 2021. 380.
7. Гудзь С.О. Агроінженерія : підручник. Київ : Центр учбової літератури, 2019. 396 с.
8. Дяченко В.О. Машини для обробітку ґрунту. Київ : Ліра-К, 2021. 254 с.
9. Жук В.М. Основи проектування технічних систем. Київ : НУБіП України, 2018. 198 с.

10. Зоря А.Я. Агротехніка вирощування соняшнику. Полтава : Аграрна наука, 2020. 172 с.
11. Rogovskii, I. L., Borak, K. V., Maksimovich, E. Yu., Smelik, V. A., Voinash, S. A., Maksimovich, K. Yu., & Sokolova, V. A. (2020). Wear resistance of blade and disc working bodies of tillage tilling machines hardened by electrodes. T-series. Journal of Physics : Conference Series. 1679 (4), art. №. 042084.
12. 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.
13. Клименко С.В. Основи агрономії з технологією вирощування сільськогосподарських культур. Херсон : Грінь Д.С., 2019. 305 с.
14. Козак Ю.В. Технічний сервіс у АПК. Львів : ЛНУ, 2016. 283 с.
15. Кравченко В.А. Основи механізації рослинництва. Київ : Фітосоціоцентр, 2022. 344 с.
16. Михайлов О.М. Трактори та автомобілі. Харків : ХНАУ, 2020. 296 с.
17. Міщенко С.П. Сільськогосподарські машини. Теорія і розрахунки. Дніпро : Ліра, 2015. 328 с.
18. Павленко І.М. Сільськогосподарські машини. Київ : Центр учбової літератури, 2021. 304 с.
19. Пахомов В.С. Технології механізованого вирощування культур. Київ : Ліра-К, 2017. 276 с.
20. Прокопенко І.О. Машинотракторні агрегати. Київ : Агроосвіта, 2018. 243 с.
21. Сіденко О.В. Навіски тракторів: конструкція, регулювання, модернізація. Харків : НТУ "ХПІ", 2021. 198 с.