

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломного проекту

ступеня вищої освіти «Бакалавр» на тему:

Удосконалення мостового землеробства шляхом розробки механізму для агрегативання з сільськогосподарськими машинами

Виконав: студент 4 курсу, групи АІ-3-21 за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Охмат Вадим Юрійович

Керівник: _____ Бойко Владислав Борисович

Рецензент: _____

Дніпро – 2025

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

ТСГМ

(назва кафедри)

доцент

(вчене звання)

Теслюк Г.В.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« ____ » _____ 2025 р.

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТУ**

Охмату Вадиму Юрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Удосконалення мостового землеробства шляхом розробки механізму для агрегування з сільськогосподарськими машинами

керівник роботи Бойко Владислав Борисович, к.т.н., доцент

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від

«7» травня 2025 року № 964

2. Строк подання студентом роботи 11.06.2025 р.

3. Вихідні дані до проекту Науковий звіт по науковій темі №0117U004545.

Вихідні дані за останні три роки підприємства де буде впроваджено проект.

Патенти та література по тематиці.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). 1. Аналіз господарської діяльності. 2. Технологічна частина. 3.

Конструктивно-технологічні розрахунки. 4. Охорона праці та навколишнього

середовища.5. Техніко-економічна оцінка проекту. Висновки. Література.

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

1. Аналіз конструктивних рішень (А1). 2. Технологічна схема агромота (А1). 3. Гідравлічна схема механізму агрегування (А1). 4. Складальне креслення (А1). 5. Деталювання (А1). 6. Економічні показники проекту (А1).

6. Консультанти розділів проекту

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|---------------|---|----------------|------------------|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| 1-5 | Бойко В.Б., доцент | | |
| нормоконтроль | Золотовська О.В., доцентка | | |

7. Дата видачі завдання: 1.04.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів дипломного проекту | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|---------------------------------|-------------------------------|----------|
| 1 | Аналітичний (оглядовий) | 1.04.25-10.04.25 | |
| 2 | Технологічний | 10.04.25-23.04.25 | |
| 3 | Конструкційний | 23.04.25-12.05.25 | |
| 4 | Охорона праці | 12.05.25- 20.05.25 | |
| 5 | Економічний | 20.05.25-25.05.25 | |
| 6 | Графічна частина | 25.05.25-14.06.25 | |

Студент

_____ (підпис)

Охмат В.Ю.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Бойко В.Б.

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Охмат В.Ю. Удосконалення мостового землеробства шляхом розробки механізму для агрегування з сільськогосподарськими машинами/ Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія» – ДДАЕУ, Дніпро, 2025.

Метою роботи є розробка механізму для агрегування з сільськогосподарськими машинами агромота та підвищення ефективності мостового землеробства в цілому.

Для цього:

В першому розділі дипломного проекту виконано аналіз господарської діяльності підприємства в якому буде впроваджено проект.

В другому розділі визначити основні агротехнічні вимоги до агрегування машин в умовах мостового землеробства. Проведено аналіз пристроїв та механізмів для виконання агрегування сільськогосподарських машин.

В третьому розділі розроблено принципову конструкцію механізму для агрегування знарядь з агромотом, враховуючи вимоги міцності, надійності, технологічної гнучкості та простоти обслуговування. Проведено основні конструктивні розрахунки

Розглянуто питання з охорони праці на виконанні агрегування агромота з навісними знаряддями в мостовому землеробстві.

Економічними розрахунками підтверджено ефективність запропонованого удосконалення мостового землеробства шляхом розробки механізму агрегування.

Ключові слова: точне землеробство, мостові машини, координатно-транспортна система, навісний механізм, агроміст.

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| ВСТУП | 8 |
| Розділ 1. АНАЛІЗ ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА | 10 |
| 1.1 Загальні відомості | 10 |
| 1.2. Структура земельних угідь | 11 |
| 1.3 Механізація господарства | 13 |
| 1.4 Нафто-господарство підприємства | 15 |
| 1.5 Економічні показники господарства | 16 |
| 1.6 Висновки | 20 |
| Розділ 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА | 22 |
| 2.1 Актуальність проекту та мета роботи | 22 |
| 2.2 Аналіз перспективних розробок механізації овочівництва | 23 |
| 2.3 Об'єкт модернізації | 29 |
| 2.4 Актуальність розробки та аналіз механізмів для агрегування сільськогосподарських машин | 31 |
| 2.5 Висновки | 38 |
| Розділ 3. КОНСТРУКТИВНО-РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА | 39 |
| 3.1 Розробка конструктивної схеми механізму для агрегування з сільськогосподарськими машинами агромота | 39 |
| 3.2 Розробка гідроприводу механізму агрегування | 41 |
| 3.3 Розрахунок основних параметрів та складових гідроприводу механізму агрегування | 43 |
| 3.4 Розрахунок опорного підшипника платформи для агрегування | 54 |
| 3.5 Висновки | 57 |

| | |
|---|----|
| Розділ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА | 58 |
| 4.1 Аналіз стану з охорони праці в господарстві | 58 |
| 4.2 Заходи по поліпшенню умов праці в господарстві | 59 |
| 4.3 Заходи з охорони праці при експлуатації розробленого механізму агрегування | 60 |
| 4.4 Захист навколишнього середовища при експлуатації механізму в складі з мостовою машиною | 62 |
| 4.5 Висновки | 63 |
| Розділ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОЕКТУ | 64 |
| Висновки | 70 |
| ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ | 71 |
| ЛІТЕРАТУРА | 72 |
| ДОДАТКИ | 74 |

ВСТУП

Розвиток сучасного сільського господарства вимагає постійного вдосконалення технологій вирощування сільськогосподарських культур з урахуванням економічних, екологічних та енергозберігаючих аспектів. Одним із перспективних напрямів підвищення ефективності польових робіт є впровадження мостового землеробства – технології, яка базується на застосуванні висококліренсних машин-агромостів [1].

Агромости створюють можливість мінімізувати кількість наїздів техніки по всьому полю, локалізувати зони ущільнення ґрунту, покращити умови для росту кореневих систем рослин та зберегти природну структуру орного шару.

У мостовому землеробстві особлива увага приділяється агрегуванню різноманітних сільськогосподарських машин з агромостами для виконання широкого спектра технологічних операцій: посіву, догляду за посівами, обробітку міжрядь, внесення добрив, обприскування тощо.

Однак аналіз існуючих технічних рішень показує, що багато існуючих пристроїв для агрегування мають ряд суттєвих недоліків: обмежену універсальність, складність налаштування під різні типи машин, недостатню надійність при експлуатації в умовах різної вологості і щільності ґрунту. Це створює труднощі при організації технологічного процесу та обмежує повноцінне використання потенціалу мостового землеробства.

З огляду на це, виникає потреба у розробці нового механізму для агрегування, який би забезпечував швидке, надійне та безпечне з'єднання агромоста із широким спектром сільськогосподарських машин.

Такий пристрій має відповідати сучасним вимогам універсальності, технологічної простоти, надійності та можливості швидкої адаптації до змін умов роботи.

Особлива актуальність даної теми обумовлюється тим, що удосконалення процесу агрегування дозволить суттєво підвищити загальну ефективність

мостового землеробства, знизити витрати на експлуатацію техніки, підвищити точність технологічних операцій та сприяти впровадженню ресурсозберігаючих технологій у сільському господарстві.

Крім того, впровадження таких технічних рішень відповідає сучасним тенденціям розвитку точного землеробства та сталого агровиробництва, орієнтованого на довгострокове збереження родючості ґрунтів та підвищення продуктивності земель.

Таким чином, удосконалення мостового землеробства шляхом розробки механізму для агрегування сільськогосподарських машин з агромоном є актуальним і важливим завданням, що спрямоване на вирішення як технологічних, так і агроекологічних проблем сучасного землеробства.

Розділ 1. АНАЛІЗ ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА

1.1 Загальні відомості

Приватне підприємство «Агровест Україна» розташовується на правобережжі України, Нікопольського району Дніпропетровської області в селі Веселе. На його територію припадає лісостепова зона. Господарство розташоване від обласного центру на відстані 150 кілометрів, відстань від райцентру – 30 кілометрів. На території розміщення земель підприємства розташовується автомобільна дорога Т 0435. Також території району протікає найбільша в Україні річка Дніпро, яка являється основним джерелом водних ресурсів в регіоні.

ПП «Агровест-Україна» розташовується на території двох населених пунктів – це села Веселе та Томаківське, між якими налагоджена якісна логістична інфраструктура – це дороги з твердим покриттям (асфальт, відсіпка) всі угіддя мають зручні під'їзди для машинотракторних та інших агрегатів. Адміністративне приміщення (головна садиба) господарства знаходиться в селі Веселе. Основним напрямком господарювання є вирощування зернових культур. Структура господарства складається з тракторної бригади та току, які працюють автономно. Бригада та тік розміщуються в селі Веселе поруч з головною садибою (рис. 1.1). ПП «Агровест-Україна» має автогараж, в якому знаходяться переважно вантажні автомобілі, а також ремонтну майстерню, яка ремонтує легкі поломки.

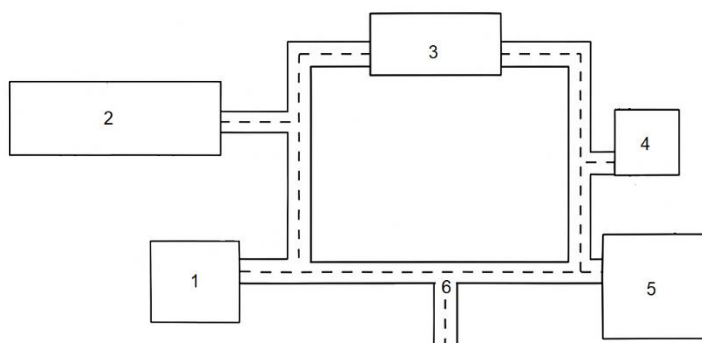


Рис. 1.1. Схема розміщення основних будівель ПП «Агровест-Україна»

1 – головна садиба; 2 – тік; 3 – нафтогосподарство; 4 – майстерня; 5 – МТП

ПП «Агровест-Україна» має в своєму розпорядженні: трактори різних марок – 6 шт., комбайнів – 1 шт., вантажних автомобілів – 5 шт., спеціальних машин – 1 шт., сільськогосподарські машини – 100 шт.

Клімат на території господарства помірно-континентальний, переважаючі вітри – східні, південно-східні. Ґрунти переважно чорноземи. Середні температурні показники влітку +26,5°C і в зимку – 14,5°C, середньорічна кількість опадів коливається в межах 410–430мм.

1.2. Структура земельних угідь

Для забезпечення ефективного землевпорядкування керівник ПП «Агровест-Україна» здійснює ведення реєстру та технічної документації на земельні ділянки, які знаходяться як у власності господарства, так і в орендованому користуванні у місцевих жителів. Земельні масиви господарства розташовані на території села Веселівка та Томаківського району. Основні дані про структуру земельних угідь наведено у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Структура землевикористання ПП «Агровест-Україна»

| Види угідь | Площа, га | Структура, % |
|----------------------------------|-----------|--------------|
| Загальна земельна площа угідь | 695 | 100 |
| Рілля | 601 | 86,5 |
| Землі під сінокосами | 37,7 | 5,4 |
| Землі під пасовищами | 35,7 | 5,1 |
| Землі під штучні водойми | 0,6 | 0,1 |
| Земельні ділянки працівників ТОВ | 20 | 2,9 |

Проаналізувавши дані таблиці 1.1, можна зробити висновок, що основну частину земельних угідь ПП «Агровест-Україна» займає рілля, яка становить 86,5% від загальної площі. Це свідчить про переважне спрямування діяльності господарства на вирощування польових культур. Частка земель під сінокосами та пасовищами є відносно невеликою — відповідно 5,4% та 5,1%, що забезпечує певний баланс між рослинництвом і можливістю розвитку кормової бази для тваринництва. Землі під штучними водоймами займають незначну площу, лише 0,1%, що свідчить про обмежене використання водних ресурсів у структурі угідь. Окремо виділено земельні ділянки, які використовуються працівниками підприємства, їх частка складає 2,9%, що вказує на соціальну спрямованість господарства у підтримці власних співробітників. В таблицю 1.2. наведено Щоб проаналізувати і дати оцінку структурі посівних площ господарства наведемо

Таблиця 1.2 – Основна структура площ під посіями в 2022-2024роках

| Культура | 2022 р. | | 2023 р. | | 2024 р. | |
|---------------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|
| | (га) | % | (га) | % | (га) | % |
| Кукурудза | 211 | 36,4 | 241 | 41,6 | 232 | 38,6 |
| Озима пшениця | 168 | 29,0 | 141 | 24,4 | 142 | 23,6 |
| Соняшник | 124 | 21,4 | 101 | 17,4 | 92 | 15,3 |
| Ріпак | 76 | 13,1 | 96 | 16,6 | 135 | 22,5 |
| Всього | 579 | 100,0 | 579 | 100,0 | 601 | 100,0 |

Як бачимо з таблиці 1.2, більшу площу займають зернові культури але в останні роки збільшується площа і під ріпаком, що пов'язано з його рентабельністю яка становить більше 50 %. Ще одним показником ефективного господарювання підприємства врожайність основних культур (табл. 1.3).

Таблиця 1.3 – Врожайність сільськогосподарських культур

| Культура | 2022 р. | 2023 р. | 2024 р. |
|---------------|---------|---------|---------|
| | (т/га) | (т/га) | (т/га) |
| Кукурудза | 5,2 | 4,8 | 5,5 |
| Озима пшениця | 3,78 | 3,8 | 3,95 |
| Соняшник | 1,8 | 1,8 | 2,2 |
| Ріпак | 2,2 | 1,9 | 2,7 |

В 2023 році площі під культурами зросли, зокрема збільшилась площа під кукурудзу до 241 га, однак урожайність знизилася до 4,8 т/га. Соняшник та ріпак також показали деякі зміни у площах і урожайності: площа під соняшник зменшилась до 101 га, але урожайність залишилася на рівні 1,8 т/га, а площа під ріпак зросла до 96 га, з урожайністю 1,9 т/га.

На 2024 рік відбулося подальше збільшення площ під ріпак (135 га) та покращення урожайності кукурудзи (5,5 т/га), що вказує на тенденцію до зростання ефективності використання землі для цієї культури. Озима пшениця та соняшник залишаються на рівні попереднього року, з невеликими коливаннями площ та урожайності.

1.3 Механізація господарства

Сучасне ведення рослинництва неможливе без широкого використання механізованих енергетичних засобів та спеціалізованого обладнання. Механізація технологічних процесів у рослинництві є ключовим чинником підвищення продуктивності праці, зменшення витрат часу та ресурсів, а також покращення якості виконання польових робіт. У ПП «Агровест-Україна» механізації рослинницької галузі приділяється значна увага, що дозволяє впроваджувати сучасні агротехнології та забезпечувати стабільні показники

врожайності. Використання технічних засобів сприяє оптимізації виробничих процесів, підвищенню культури землеробства і зниженню собівартості продукції. Основний перелік машин та механізмів, які використовуються для виконання технологічних операцій у рослинництві, наведено в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Склад машино-тракторного парку ПП «Агровест-Україна»

| Назва та марка машини | Кількість, шт. |
|---------------------------------------|----------------|
| Трактор МТЗ-82,1 | 2 |
| Трактор ЮМЗ-8040 | 2 |
| Трактор John Deere 6340R | 1 |
| Трактор John Deere 8410R | 1 |
| Автомобіль ЗІЛ-130 | 3 |
| Автомобіль MAN -TGX -18.440 | 2 |
| Комбайн John Deere 9880 STS | 2 |
| Сільськогосподарські машини | |
| Борона ЗБЗТ-1,0 | 30 |
| Борони ЗБЗС-1,0 | 24 |
| Грунтообробний агрегат АГ-2,4 | 2 |
| Борона дискова John Deere 2600 | 2 |
| Плуг John Deere 3810-8F | 2 |
| Плуг ПЛН-3-35 | 4 |
| Зчіпка С-11У | 2 |
| Культиватор КПС-12ПМ | 1 |
| Культиватор КПСО-8 | 1 |
| Культиватор КПС-4 | 4 |
| Культиватор КРН-5,6 | 4 |
| Сівалка СЗ-3,6 | 4 |
| Сівалка точного висіву Веста УПС 8-04 | 4 |
| Сівалка John Deere 1770 | 2 |

Продовження табл. 1.4

| 1 | 2 |
|---------------------------------|---|
| Оприскувач ОПШ-3524 | 2 |
| Оприскувач John Deere R 4030 | 1 |
| Розкидач John Deere DN218 | 1 |
| Розкидач НРУ–0,5 | 2 |
| Причіп 2ПТС-4 | 6 |
| Причіп 2ПТС-10 | 2 |
| Прес-підбирач Mchale V6740 V640 | 2 |
| Навантажувач Manitou MT 835 | 1 |

Згідно наведених даних підприємство має досить хорошу мобільну складову основних машин для механізації та своєчасного виконання основних процесів в рослинництві.

1.4 Нафто-господарство підприємства

На території підприємства розміщується пункт видачі нафтопродуктів (рис. 1.2) обладнаний всім необхідним для зберігання палив. На території пункту встановлено резервуари 4. Видача палива здійснюється оператором з робочого місця 5 за допомогою заправних колонок 2. Масильні матеріали зберігаються в відповідно обладнаному приміщенні 3. Обладнання для підтримання протипожежної безпеки розміщується на щиті 1.

Постачання нафтопродуктів здійснюється з нафтобази розташованої в місті Дніпро. Загальний обсяг витрати палива на протязі 2024 року склав близько 28956 кг дизеля та 4523 кг бензину.

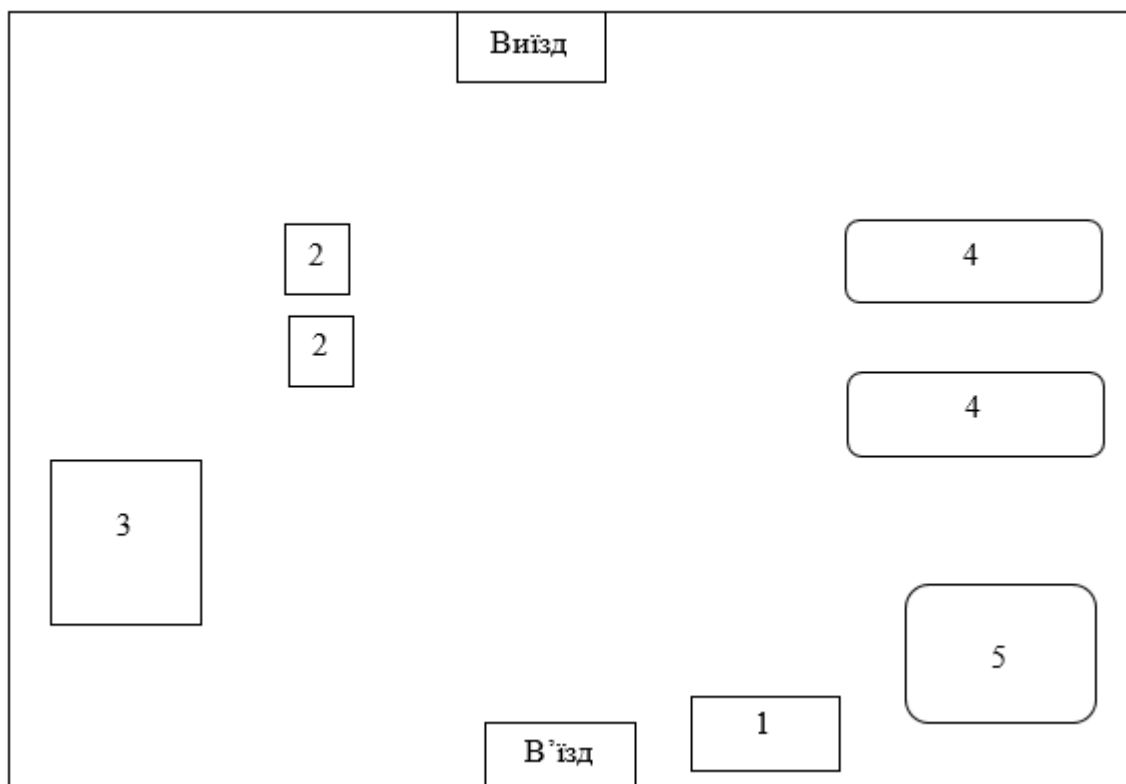


Рис. 1.2 Нафто-господарство підприємства

1.5 Економічні показники господарства

Технічне оснащення одна із складових, що характеризує економічну ефективність ПП «Агровест-Україна». Основні дані по оснащеності підприємства з 2022 по 2024 рік наведено в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Технічна оснащеність ПП «Агровест-Україна»

| Показники | Роки | | |
|------------------------------|------|------|-------|
| | 2022 | 2023 | 2024 |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Кількість тракторів: фізичні | 8 | 8 | 8 |
| умовні еталонні | 23,7 | 22,2 | 20,43 |
| Енергозабезпеченість, кВт/га | 0,53 | 0,49 | 0,46 |
| Енергоозброєність, кВт/люд | 6,03 | 5,91 | 5,67 |

Продовження табл. 1.5

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|--|--------|--------|--------|
| Кількість відпрацьованих днів | 3623 | 3276 | 3015 |
| Обсяг механізованих робіт, у.ет.га | 20112 | 17840 | 14317 |
| Кількість відпрацьованих змін | 4437 | 4123 | 3941 |
| Змінний виробіток, у.ет.га/у.ет.тр. | 4,25 | 4,36 | 4,17 |
| Річний виробіток, у.ет.га/у.ет.тр. | 1479,1 | 1464,5 | 1424,7 |
| Коефіцієнт використання | 0,64 | 0,57 | 0,49 |
| Кількість механізаторів | 6 | 5 | 6 |
| Витрата пального, кг/у.ет.га | 12,3 | 12,75 | 12,96 |
| Коефіцієнт змінності | 1,39 | 1,32 | 1,23 |
| Валове виробництво, тис.грн. | 231,4 | 211,5 | 184,6 |
| Коеф. щільності мех. робіт, у.ст.га/га | 1,47 | 1,9 | 4,1 |

Протягом 2022-2024 років для різних культур спостерігаються різні тенденції щодо трудомісткості та собівартості. Кукурудза і ріпак демонструють зростання трудомісткості та собівартості, що може свідчити про зростаючі вимоги до технологій вирощування. Озима пшениця показує зменшення трудомісткості, хоча її собівартість зростає, що вказує на зростання витрат на інші аспекти виробництва. Соняшник, хоча й має зменшення трудомісткості, все ж показує зростання собівартості, що може бути пов'язано з збільшенням витрат на агротехніку та засоби захисту рослин.

Ще одним показником, який характеризує ефективність виконання механізованих робіт машино тракторними агрегатами є показник експлуатаційних витрат (табл. 1.6)

Таблиця 1.6 – Основні показники витрат на виконання механізованих робіт грн/га

| Показник витрат | Роки | | |
|---|--------|--------|--------|
| | 2022 | 2023 | 2024 |
| Витрати на заробітну платню | 87,02 | 91,1 | 98,4 |
| Амортизаційні відрахування, | 840,37 | 822,4 | 805,2 |
| Витрати на ремонт і технічне обслуговування | 491,7 | 440,7 | 471,4 |
| Витрати на паливо-мастильні матеріали | 1529,5 | 1635,7 | 1702,9 |
| Інші витрати | 136,7 | 149,1 | 157,7 |
| Експлуатаційні витрати | 5107,3 | 5162 | 5259,6 |

В таблиці 1.7 наведено собівартість та трудомісткість виробництва продукції рослинництва в ПП «Агровест-Україна».

Таблиця 1.7 – Собівартість та трудомісткість виробництва продукції рослинництва ПП «Агровест-Україна»

| Назва культури | Затрати праці, год/т | | | Собівартість, грн/т | | |
|----------------|----------------------|------|------|---------------------|--------|--------|
| | 2022 | 2023 | 2024 | 2022 | 2023 | 2024 |
| Кукурудза | 14,2 | 19,2 | 21,3 | 2231 | 2253,2 | 2332,5 |
| Озима пшениця | 15,9 | 16,3 | 12,4 | 2212 | 2374,3 | 2408 |
| Ріпак | 15,7 | 17,2 | 14,4 | 4442 | 4525 | 4574 |
| Соняшник | 9,1 | 9,2 | 9 | 1757 | 1879 | 1952 |

Аналізуючи дані таблиці 1.7, можна зробити висновок, що затрати праці на виробництво продукції рослинництва в ПП «Агровест-Україна» протягом 2022–2024 років мають різну динаміку залежно від культури.

Так, для кукурудзи спостерігається зростання трудомісткості: з 14,2 год/т у 2022 році до 21,3 год/т у 2024 році. Це може свідчити про ускладнення технологічних процесів або підвищення вимог до агротехнічних операцій при вирощуванні цієї культури.

По озимій пшениці навпаки, у 2024 році спостерігається помітне зниження затрат праці до 12,4 год/т порівняно з попередніми роками. Це свідчить про оптимізацію технологій вирощування.

Ріпак традиційно залишається однією з найбільш трудомістких культур, хоча впродовж аналізованого періоду спостерігається незначне зниження затрат праці: з 15,7 до 14,4 год/т. Що пов'язано із впровадженням більш ефективної техніки та оптимізацією технологічних процесів.

Трудомісткість вирощування соняшнику залишається практично стабільною і не зазнає істотних змін: у межах 9–9,2 год/т за аналізований період, що свідчить про стабільність технологічного процесу виробництва цієї культури.

Щодо собівартості продукції, то для всіх культур простежується тенденція до її зростання. Зокрема, собівартість кукурудзи зросла з 2231 грн/т у 2022 році до 2332,5 грн/т у 2024 році. Аналогічну динаміку мають озима пшениця, ріпак та соняшник, що вказує на загальне зростання витрат на виробництво через подорожчання матеріально-технічних ресурсів, енергоносіїв та агрохімії.

Ріпак залишається найбільш затратною культурою за собівартістю серед наведених, що пов'язано з високими вимогами до технологій вирощування та значними витратами на матеріали і ресурси. Найменшу собівартість протягом усіх трьох років має соняшник, що робить його економічно привабливою культурою для підприємства.

В таблиці 1.8. наведені загальні витрати на виробництво сільськогосподарських культур за останні три роки.

Таблиця 1.8 – Загальні витрати на виробництво сільськогосподарських культур

| Назва культури | Загальні витрати, грн/га | | |
|--------------------|--------------------------|--------|--------|
| | 2022 | 2023 | 2024 |
| Озима пшениця | 2941,9 | 2982,2 | 2918,1 |
| Кукурудза на зерно | 2763,7 | 2981,8 | 2722,3 |
| Ріпак | 3612,4 | 3731,2 | 3605,1 |
| Соняшник | 2720,9 | 2752,7 | 2584,7 |

Аналізуючи приведені дані загалом, спостерігається тенденція до зниження витрат на вирощування основних сільськогосподарських культур, таких як озима пшениця, кукурудза та ріпак, що свідчить про поступове покращення ефективності аграрного виробництва. Однак витрати на вирощування соняшнику показують зростання, що вимагає більш детального аналізу причин цього зростання.

1.6 Висновки

1. Аналіз господарської діяльності ПП «Агровест-Україна» показав, що підприємство має чітко сформовану структуру землекористування та добре організовану інфраструктуру, що забезпечує ефективну логістику та стабільне ведення рослинницького виробництва. Переважання ріллі у загальній структурі земель (понад 86%) свідчить про спеціалізацію господарства на вирощуванні польових культур, зокрема кукурудзи, озимої пшениці, ріпаку та соняшнику.

2. ПП «Агровест-Україна» приділяє значну увагу технічному оснащенню виробничих процесів. Механізація сільськогосподарських робіт забезпечується наявністю достатньої кількості тракторів, сівалок, культиваторів, обприскувачів та іншої техніки, що дозволяє своєчасно та якісно виконувати основні технологічні операції. Рівень енергозабезпеченості та енергоозброєності залишається стабільним, проте поступово знижується, що свідчить про потребу у подальшій модернізації машинно-тракторного парку.

3. Аналіз економічних показників діяльності ПП «Агровест-Україна» вказує на загальну тенденцію до зростання собівартості продукції рослинництва, що пов'язано з підвищенням цін на матеріально-технічні ресурси. Водночас спостерігається зниження витрат на вирощування окремих культур, що свідчить про поступову адаптацію господарства до нових економічних умов і підвищення ефективності використання ресурсів.

4. У таких умовах особливої актуальності набуває впровадження мостового землеробства. Його переваги – зниження ступеня ущільнення ґрунту, локалізація колій техніки, збереження природної структури орного шару дозволяють суттєво підвищити ефективність використання земельних ресурсів. Впровадження агромотів у технологічний процес дасть змогу зменшити енергетичні витрати на виконання польових робіт, покращити умови росту сільськогосподарських культур та сприяти довгостроковому збереженню родючості ґрунтів. Тому в господарстві ведеться робота по впровадженню пілотного проекту мостового землеробства на вирощуванні овочів на площі близько 20 га.

Розділ 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Актуальність проекту та мета роботи

У сучасних умовах сільське господарство потребує постійного вдосконалення технічних засобів, що забезпечують ефективне та ресурсозберігаюче ведення землеробства. Одним із перспективних напрямів є використання мостових машин, які завдяки своїй конструкції дозволяють зменшити ущільнення ґрунту, підвищити точність технологічних операцій і зберегти родючість поля. Проте для повноцінного використання таких машин необхідно забезпечити їхню сумісність із широким спектром сільськогосподарських агрегатів.

Метою проекту є удосконалення мостового землеробства шляхом розробки механізму для агрегування з сільськогосподарськими машинами. Розробка механізму дозволить підвищити ефективність роботи мостової машини а саме розширити функціональні можливості мостової техніки, підвищити її універсальність та продуктивність, а також забезпечити стабільну роботу в умовах точного землеробства.

Для досягнення мети необхідно вирішити наступні задачі:

- привести характеристику об'єкта модернізації;
- провести аналіз перспективних машин механізації овочівництва;
- провести аналіз пристроїв та механізмів для агрегування сільськогосподарських машин за результатами яких розробити пристрій для агрегування адаптований під мостове землеробство;
- провести конструктивні розрахунки розробленого механізму для агрегування мостової машини з знаряддям;
- розробити заходи з охорони праці при експлуатації мостових машин;
- економічно обґрунтувати ефективність проекту.

Впровадження запропонованого удосконалення сприятиме раціональному використанню енергоресурсів, зниженню витрат і покращенню агротехнічних показників усього технологічного процесу.

2.2 Аналіз перспективних розробок механізації овочівництва

Сучасне овочівництво потребує нових підходів до виконання технологічних операцій, оскільки рівень механізації на багатьох ділянках агровиробництва досі залишається недостатнім. За наявними оцінками, частка механізованих процесів у галузі рослинництва не перевищує 79%, що зумовлює значне навантаження на ручну працю, зниження ефективності та підвищення витрат. Одним із наслідків цієї ситуації стало збільшення обсягів застосування агрохімікатів, що негативно впливає не лише на ґрунт і навколишнє середовище, а й на якість кінцевої продукції [3].

Перспективним напрямом подолання цього виклику є запровадження концепції адресного, або персоніфікованого землеробства, що передбачає індивідуальний підхід до кожної рослини. Така модель передбачає виконання агротехнічних операцій з урахуванням реального стану конкретного об'єкта обробки, що дозволяє істотно знизити обсяги використання хімічних засобів та підвищити ефективність догляду за рослинами.

Упровадження технологій персоніфікованого землеробства стало можливим завдяки активному розвитку сенсорних систем, засобів телеметрії та автоматизованих технічних платформ.

Роботи з автоматизації землеробства з кінця 70 років минулого століття проводилися винахідниками аматорами і лише з початку 90 років цим питанням почали займатися науковці з Ізраїлю, Японії, Данії, Австралії, Німеччини, Англії, та інших країн. В основній масі роботи велися над створенням автоматизованих платформ для виконання моніторингу розвитку рослин і появи бур'янів та шкідників. І згодом отриманий науковий досвід було використано для створення платформ, які окрім моніторингу здатні виконувати і операції з догляду за рослинами в автоматичному режимі. Для аналізу особливостей таких роботизованих платформ розглянемо найбільш актуальні із них.

Зокрема, в Університеті Сіднея науковцями створена роботизована платформа Ladybird [4], що здатна проводити моніторинг стану овочевих культур, виявляти бур'яни, видаляти їх та навіть здійснювати збирання врожаю. Її конструкція базується на використанні сонячних панелей, великої кількості сенсорів і роботизованої руки для виконання дрібних маніпуляцій.



Рис. 2.1. Автономна платформа «Ladybird» [4]

Широка прогінна конструкція дозволяє охоплювати велику площу міжрядь овочевих культур, не наїжджаючи на рослини. Платформа оснащена великим масивом сонячних панелей, що забезпечують живлення без потреби в паливі.

Роботизована платформа оснащена численними датчиками, серед яких: мультиспектральні камери, датчики температури та вологості, спектрометри для

оцінки стану листкової поверхні, лазерні далекоміри для створення 3D-моделі рослин.

Для виконання операцій з догляду за рослинами платформу оснащено рукою маніпулятором (рис. 2.2) оснащеною інструментами для видалення бур'янів або делікатного збирання плодів. Бортовий комп'ютер виконує аналіз зібраної інформації, формує карту стану культур та ухвалює рішення щодо точкової обробки.



Рис. 2.2. Рука-маніпулятор для видалення бур'янів та збору урожаю

Роботизована платформа Ladybird приклад вдалого поєднання робототехніки, сенсорних систем та штучного інтелекту для вирішення актуальних завдань овочівництва. Її використання демонструє новий підхід до вирощування культур із мінімальним втручанням людини та високою точністю обробки. Незважаючи на обмеження, пов'язані з вартістю та продуктивністю, ця платформа стала важливим кроком у розвитку концепції «розумного» сільського господарства.

Подібний підхід реалізований у проекті Hortibot [5] роботизованій платформі, створеній у Данії. Вона оснащена GPS-навігацією та програмними модулями для точного позиціонування робочих органів, що дозволяє здійснювати посів, догляд та збирання продукції з високою точністю та мінімальним впливом на ґрунт.

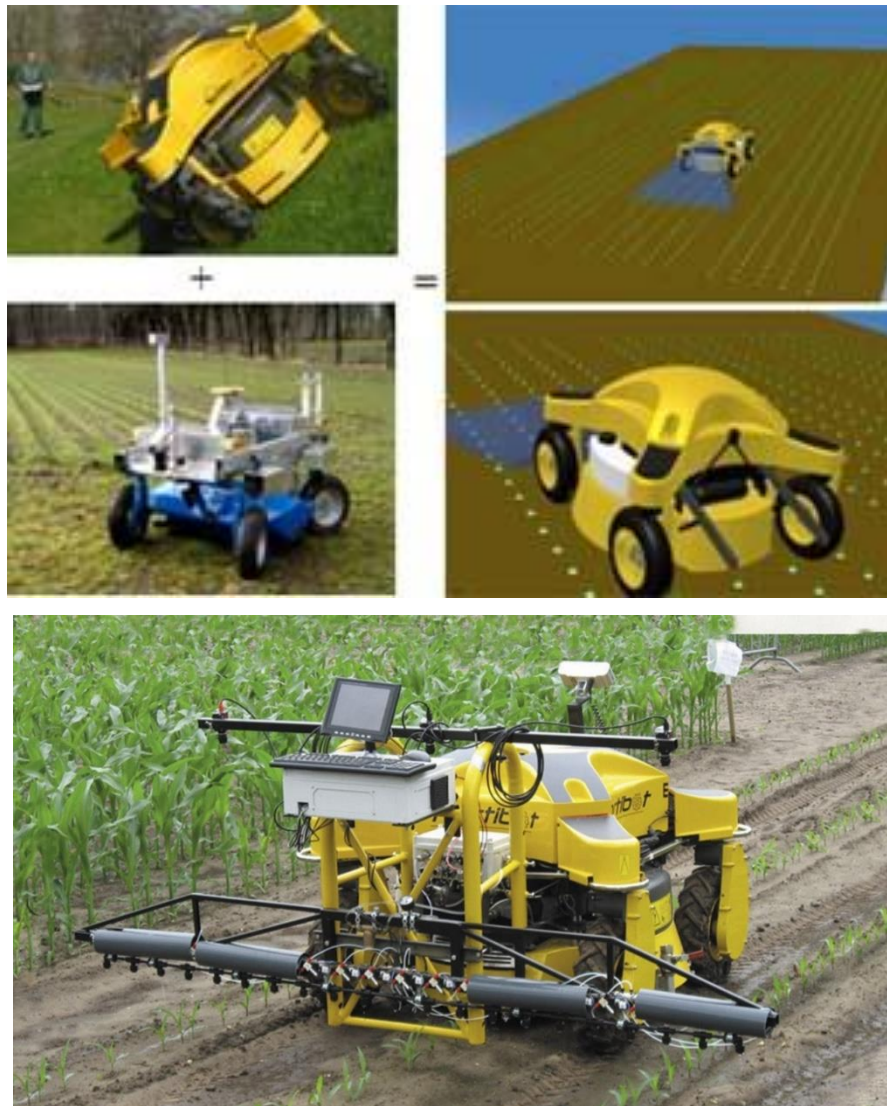


Рис. 2.3. Роботизована платформа «Hortibot»

Однак, високі витрати на впровадження таких високотехнологічних рішень стримують їхнє масове поширення. Одним із альтернативних варіантів є мостове землеробство, яке базується на русі техніки по постійно фіксованих коліях. Такий підхід дозволяє зменшити вплив на родючий шар ґрунту, спрощує навігацію агрегатів і водночас знижує вимоги до складних електронних систем управління.

Одним із перших винахідників аматорів в розробці мостових машин вважається англійський інженер Девід Довлер, який ще у 1975 році створив трактор з мостовою конструкцією шириною 12 метрів для внесення засобів захисту рослин (рис. 2.4) [6]. Завдяки використанню гідроприводів та компактної конструкції, машина забезпечувала маневреність і точність виконання робіт

навіть на обмежених ділянках. В транспортному положенні ширина трактора становить 1,8 м при цьому довжина не перевищує 14 м.



а



б

Рис. 2.4. Портальний трактор Девіда Довлера
а – модель 1975 року; б – сучасна модель

Дослідженнями доведено зниження енергетичних витрат до 70 % на переміщення мостової машини за рахунок руху по твердим постійним доріжкам. Уснення ходових рушіїв з агротехнічної зони дозволило знизити тяговий опір на оранці практично в два рази. Приріст врожаю на вирощуванні ячменю склало близько 1 тони на гектар. Мостові трактори Довлера широко використовуються в господарствах Англії та Австралії на вирощуванні різних сільськогосподарських культур, як зернових так і технічних.

Окремо варто виділити розробку AGROKRUII [7] словацького винахідника Джона Слінські – систему мостового землеробства кругової дії, яка дозволяє повністю автоматизувати вирощування овочевих культур на площах до 2 га. Модулі цього типу забезпечують обробіток ґрунту, сівбу, полив, боротьбу з бур'янами та шкідниками без втручання людини. Енергопостачання здійснюється за допомогою електроприводів, що значно спрощує керування та підвищує екологічність системи.



а



б

Рис. 2.5. Мостова технологія землеробства «AGROKRUII»

а – облаштоване поле для технології «AGROKRUII»; б – мостова машина

Усі зазначені технології — від автономних роботів платформ до мостових машин – мають спільну мету: підвищення ефективності виробництва, зниження екологічного навантаження та перехід до більш точного, раціонального землеробства [1]. Сучасні розробки механізації овочівництва дозволяють реалізувати такі завдання як:

- автоматизація технологічних процесів з мінімізацією втручання людини;
- індивідуальний догляд за кожною рослиною;
- підвищення ефективності використання ресурсів (добрив, ЗЗР, води);
- зменшення ущільнення ґрунту;
- можливість вирощування органічної продукції з високими показниками якості.

Таким чином, перспективні розробки у сфері механізації овочівництва відкривають нові можливості для аграрного сектору та сприяють формуванню стійкої та екологічно безпечної моделі сільського господарства майбутнього.

2.3 Об'єкт модернізації

З метою підвищення ефективності виробництва в галузі рослинництва, у ПП «Агровест-Україна» заплановано розширення спектра вирощуваних культур за рахунок упровадження овочевих культур у сівозміну. У рамках цього напрямку господарством ініційовано пілотний проект, що передбачає впровадження технології мостового землеробства на площі до 20 гектарів. Такий підхід обрано не випадково — мостова технологія дозволяє суттєво зменшити ущільнення ґрунту, покращити умови розвитку кореневої системи, а також реалізувати точний, індивідуальний догляд за кожною рослиною зменшуючи хімічне навантаження на довкілля.

В якості прототипу обрано одноконсольну двохопорну мостову машину (рис. 2.6) з довжиною порталної частини до 20 м. Для реалізації мостового землеробства ділянка поля облаштовується за координатним принципом, тобто

поле розділяється на зону вирощування культур (агротехнічна) та транспортну по якій здійснюється логістика по підвезенню необхідних матеріалів та відвезення врожаю.

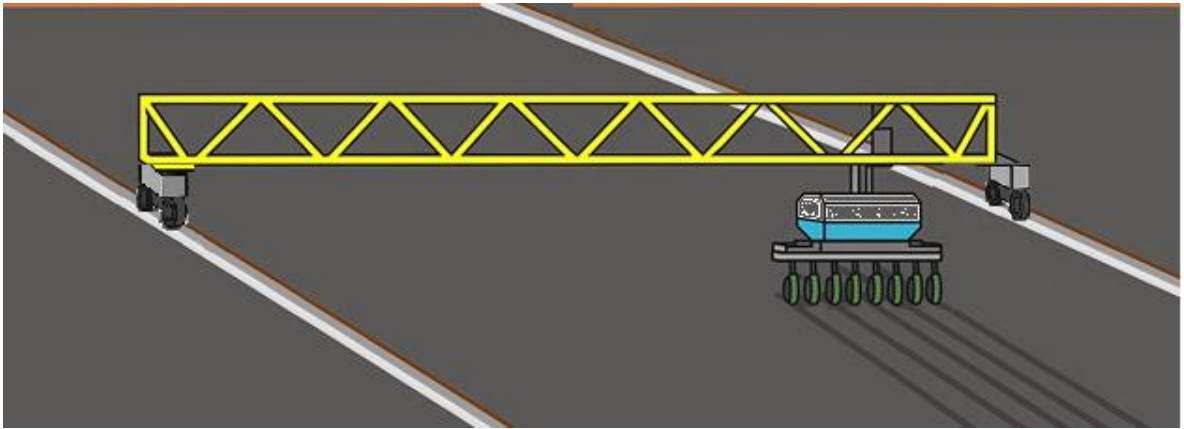


Рис. 2.6. Одноконсольна двохопорна мостова машина

В основі координатно-транспортної схеми (КТС) [1] поля лежить поділ його площі на чітко визначені зони — агротехнічну, де безпосередньо вирощуються культури, та транспортну, яка призначена для руху техніки і постачання матеріалів. Такий підхід дозволяє мінімізувати кількість проходів по площі вирощування та повністю уникнути переущільнення ґрунту в зоні кореневої системи рослин.

На рисунку 2.7 чітко видно, що рух мостової машини відбувається виключно по постійних опорних доріжках, розташованих вздовж країв загінок. Це забезпечує фіксовану траєкторію пересування і дає змогу точно позиціонувати робочі органи у просторі. Завдяки цьому досягається максимальна точність при виконанні технологічних операцій — посіву, обприскування, підживлення або збирання врожаю.

Крім того, система дозволяє ефективно інтегрувати автоматизовану логістику, зокрема подачу води, добрив або тари для збору врожаю через окремі транспортні канали, не заважаючи основній роботі мостової платформи. Така організація поля — це не лише технологічне, а й просторове управління землеробством, що відкриває нові можливості для точного, екологічного та автоматизованого вирощування овочевих культур.

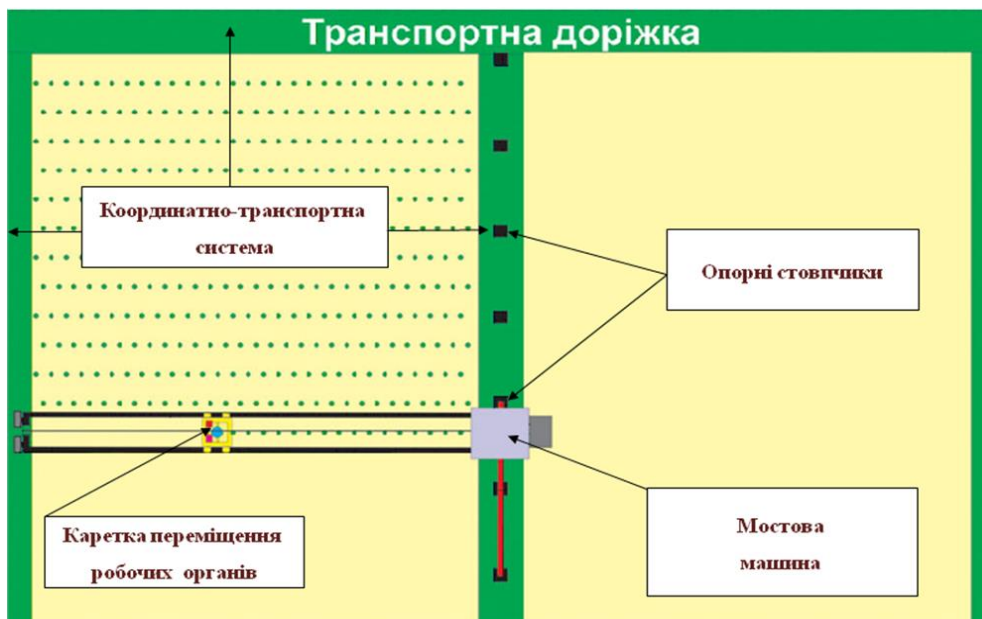


Рис. 2.7. Облаштування поля в мостовому землеробстві

2.4 Актуальність розробки та аналіз механізмів для агрегування сільськогосподарських машин

Впровадження мостового землеробства передбачає принципово інший підхід до організації агротехнічних операцій, у якому традиційні способи навішування та буксирування агрегатів є непридатними або малоефективними. Стандартні тракторні навіски (задньо- чи фронтально-агреговані) не враховують особливості руху мостової машини, зокрема її поперечну геометрію, фіксовану траєкторію та вимоги до високої точності позиціонування.

У зв'язку з цим особливої актуальності набуває розробка спеціального механізму агрегування, який дозволяє швидко, точно та надійно з'єднати робочі органи із порталною частиною мостової машини. Такий механізм повинен враховувати можливість:

- регулювання висоти та глибини обробітку,
- зміни міжряддя відповідно до культур,
- механічного або гідравлічного регулювання положення робочих секцій,
- оперативної заміни знарядь без демонтажу основної конструкції.

Розробка надійного та адаптивного механізму агрегування відкриє можливість універсалізації мостової платформи, дозволяючи використовувати її не лише для посіву чи внесення добрив, а й для культивації, захисту рослин, поливу та навіть збирання овочевих культур.

З урахуванням тенденцій до автоматизації та точного землеробства, саме механізм агрегування стає ключовим елементом у реалізації повноцінної багатофункціональної мостової системи. Його технічна досконалість впливатиме на якість виконання операцій, рівень збереження ґрунтової структури, продуктивність і універсальність технології в цілому. Саме тому його вдосконалення є пріоритетним напрямом при створенні сучасної мостової машини. Для розробки такого адаптивного механізму виконаємо аналіз найбільш актуальних пристроїв для агрегування знарядь.

І розпочнемо аналіз з інтегрованих навісок сучасних тракторів (рис. 2.8) [8]. Підвісна система трактора це ключовий вузол, який забезпечує агрегування енергонасиченої машини з робочим знаряддям. Вона дозволяє не лише зчіплювати трактор з навісними або напівпричіпними агрегатами, а й виконувати функції підйому, регулювання висоти, стабілізації та транспортування знаряддя. У сучасних тракторах підвісні системи розвинулися від простих механічних конструкцій до інтелектуальних гідроелектронних вузлів із системами автоматичного контролю.

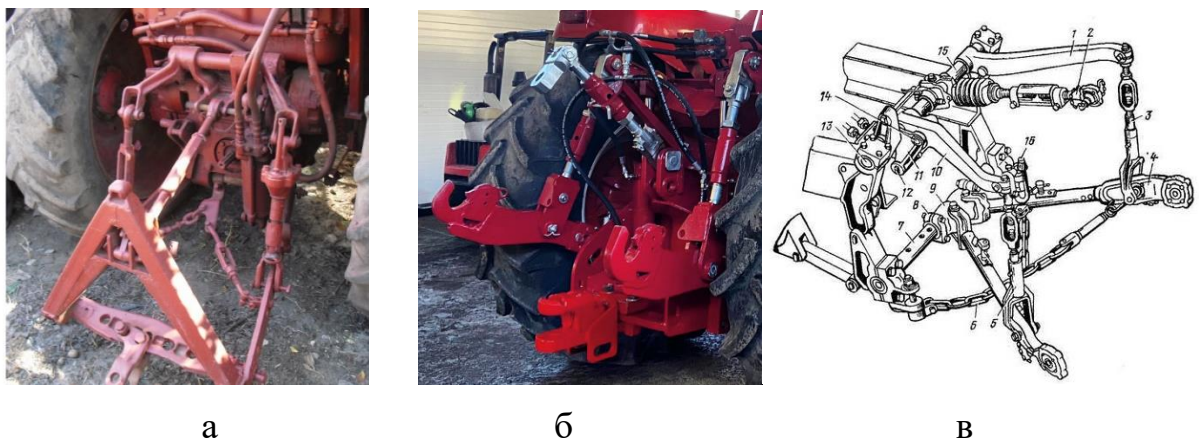


Рис. 8. Різновиди задніх навісок тракторів

а – трактора ЮМЗ; б – трактора Buhler; в – трактора ХТЗ

Особливістю розглянутих навісок є триточкове кріплення агрегатів з навіскою трактора за таким принципом агрегатується значна частина широкозахватної техніки. При агрегуванні тракторів з навісними плугами з кількістю корпусів 5 і більше використовується двоточкова схема кріплення відносно остова трактора. Для цього нижні тяги навіски зміщуються до вісі трактора, як показано на рисунку 2.8, в така схема забезпечує маневреність машино-тракторного агрегату під час виконання оранки.

Передня навісна система (ПНС) трактора – це конструктивний вузол, який забезпечує можливість агрегування робочих знарядь на передню частину машини (рис. 2.9) [9, 10]. На відміну від задньої навіски, яка є базовою на більшості тракторів, передня виконує допоміжну функцію, але дає змогу значно підвищити продуктивність і багатофункціональність трактора. До переваг передніх навісок належить можливість одночасної роботи з двома знаряддями (переднім і заднім), що дозволяє виконувати декілька операцій за один прохід (наприклад, культивуацію і сівбу, обробіток і підживлення).

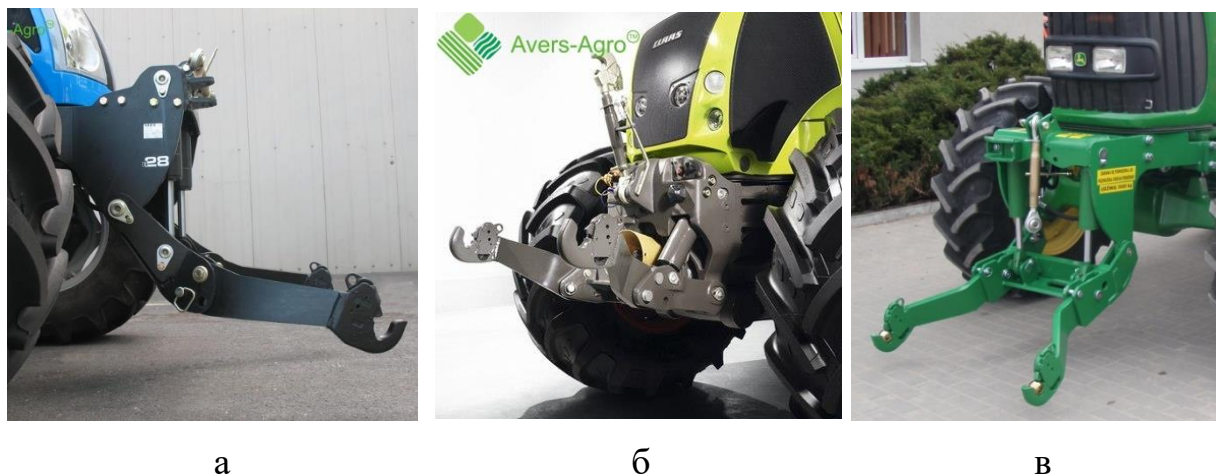


Рис. 2.9. Різновиди передніх навісок тракторів

а – трактора New Holland; б – трактора Claas; в – трактора John Deere

До недоліків належить ускладнення конструкції, підвищене навантаження на передній міст, що викликає підсилення балки, обмежений огляду для оператора, особливо при роботі з габаритними передніми знаряддями.

В цілому не дивлячись на недоліки передня навіска перетворює трактор на універсальний багатофункціональний агрегат, підвищує його ефективність і дає можливість зменшити витрати пального, часу та ресурсів.

На особливу увагу заслуговує конструктивне рішення для розширення можливостей агрегування сільськогосподарських знарядь патент України №54907 рис. 2.10 [11].

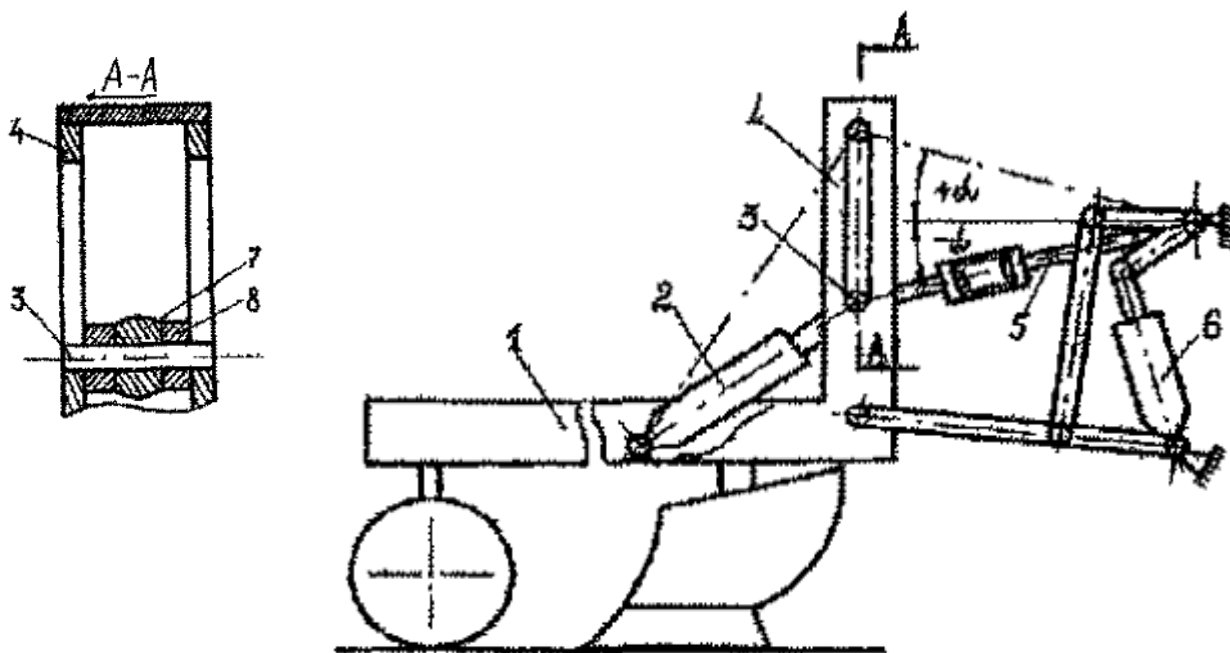


Рис. 2.10. Механізм навіски UA №54907

Механізм навіски працює за наступним алгоритмом. Для опускання знаряддя використовується гідроциліндр 6. Після повного опускання знаряддя додатково в роботу вмикається гідроциліндр 2, який забезпечує переміщення тяги 5 та встановлює її під кутом, що дозволяє перерозподілити вагу знаряддя на опорні ведучі колеса трактора підвищивши їх зчеплення та тягові можливості трактора. Далі знаряддя працює в плаваючому режимі копіюючи рельєф поля. Для підняття знаряддя використовується спочатку допоміжний гідроциліндр 2 а потім в роботу включається основний гідроциліндр 5.

До переваг такої схеми належить додаткове підвищення тягових показників трактора, а недоліками являється складність конструкції та

налаштувань системи.

Ще одним перспективним конструктивним рішенням є розробка наведена в патенті України №14394 рис. 2.11 [12], яка дозволяє знизити рівень коливань навісного механізму при взаємодії робочого органу плуга (леміша) з ґрунтом.

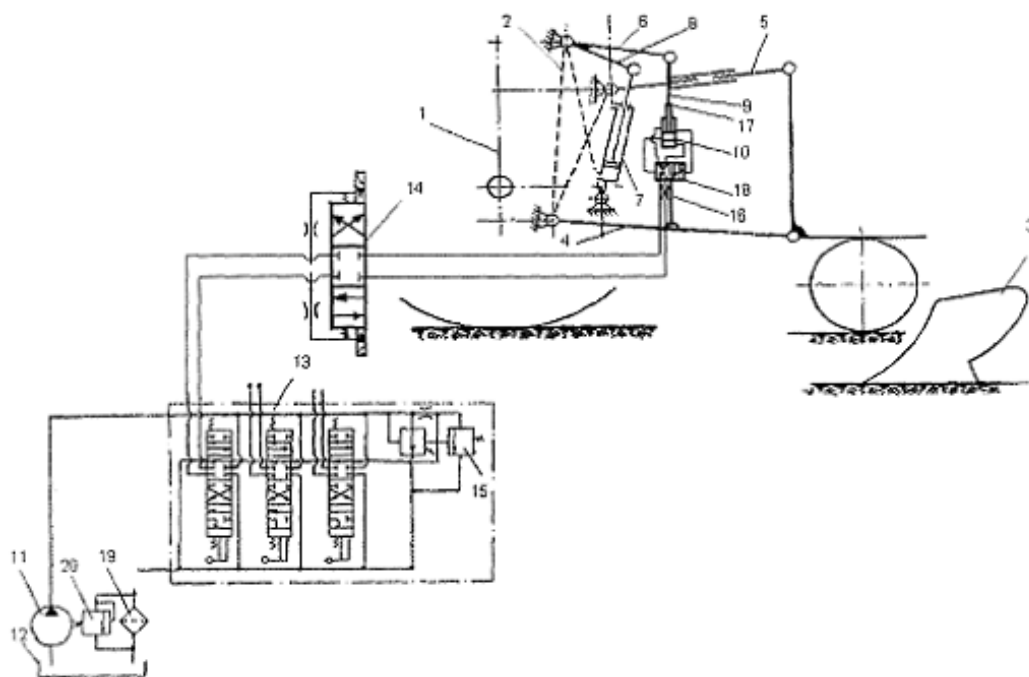


Рис. 2.11. Механізм навіски UA № 14394

У патенті запропоновано оригінальну конструкцію навісного пристрою з вібраційним демпфуванням тягових зусиль, що дозволяє підвищити стабільність роботи агрегату та зменшити пікові навантаження на трансмісію трактора.

Ключовою ідеєю рішення є впровадження вібраторів у силову схему навіски, які реагують на зміну тягового опору плуга в режимі реального часу. Повздовжні тяги навішування жорстко з'єднуються з заднім мостом трактора через шарніри. Верхня тяга має аналогічне шарнірне кріплення, що забезпечує гнучкість механізму при вертикальних переміщеннях робочого органу.

У зону розкосів навісного пристрою інтегровано два гідравлічні вібратори, керовані гідророзподільником із електронним управлінням. Основу керування становить золотниковий механізм із пружинним зворотним зв'язком, що діє у відповідь на зміни зусиль на робочому органі (наприклад, леміші плуга).

Суть алгоритму дії полягає у відстеженні зусиль на тязі: коли плуг

натрапляє на щільний шар ґрунту, тягове навантаження різко зростає. Це активує вібраційну систему: насос 11 подає рідину до верхньої порожнини гідроциліндра, піднімаючи золотник і стискаючи пружину. В цей момент відбувається часткове розвантаження навісного пристрою, що знижує пікове зусилля.

Після проходження твердого шару, коли опір зменшується, пружина повертає золотник у вихідне положення, і починається новий цикл. Такий зворотно-поступальний рух регулює навантаження в реальному часі, що значно покращує стабільність роботи агрегата.

На першому етапі робочий орган леміш плуга підрізає, стискає та руйнує ґрунт. Тяговий опір плуга 3 за даної роботи робочого органу зростає. Що зумовлює навантаження трактора 1. Таке зростання опору на тягах 2 зумовить надходження рідини від насоса 11 до гідророзподільника 14 і далі до золотника 18 віброуючого механізму. Золотник 18 піднімаючись стискає пружину прицьому відбувається сполучення порожнини розміщеної в верхній частині корпусу з лінією подачі рідини а порожнина в нижній частині корпусу з'єднується з лінією зливу.

Опускаючись золотник 18 під дією пружини знижує тяговий опір робочих органів плуга 3. За такого положення золотника рідина потрапить в нижню порожнину корпусу. Постійні переміщення механізму навіски забезпечують зниження тягового опору знаряддя.

Переваги конструкції. Зниження пікових навантажень на тягову систему трактора. Покращення якості обробітку ґрунту за рахунок стабілізації положення плуга. Зменшення витрат пального, оскільки тяговий опір не перевищує оптимальні межі.

Потенційні недоліки. Складність конструкції та наявність багатьох вузлів (гідронасос, розподільник, золотник, вібратори). Висока чутливість до технічного стану гідравлічної системи. Потреба у тонкому налаштуванні під конкретний тип ґрунту та знаряддя.

Описаний у патенті №1607085 [13]. механізм навішування є прикладом інженерного рішення, спрямованого на підвищення функціональності та адаптивності навісної системи базового шасі. Конструкція відноситься до галузі сільськогосподарського машинобудування і розроблена для покращення умов агрегування тракторів із широким спектром сільськогосподарських знарядь, включаючи ті, що мають специфічні вимоги до положення в робочому просторі.

Ключовим елементом механізму є шарнірна багатоланкова система (рис. 2.12), що складається з лівої та правої секцій, кожна з яких включає підйомний важіль 10, розкоси 11, нижню 1 та верхню 12 тяги, а також додаткову ланку, яка з'єднує середню частину нижньої тяги з рамкою автозчеплення 4.

Інтеграція додаткової тяги дозволяє передавати навантаження не лише через кінцеві точки нижньої тяги, але й через її середину, що забезпечує стабільнішу підтримку знаряддя при роботі та знижує крутні моменти в системі. Універсальні шарніри, які застосовані для приєднання підйомних важелів до стійки, забезпечують багатоплощинну свободу руху, що є важливою умовою при роботі з нерівномірним рельєфом поля. Гідроциліндри підйому 15, оснащені запобіжними клапанами, відповідають за плавне підняття та опускання знаряддя й захист системи від перевантажень, що виникають при зіткненні робочого органу з перешкодами.

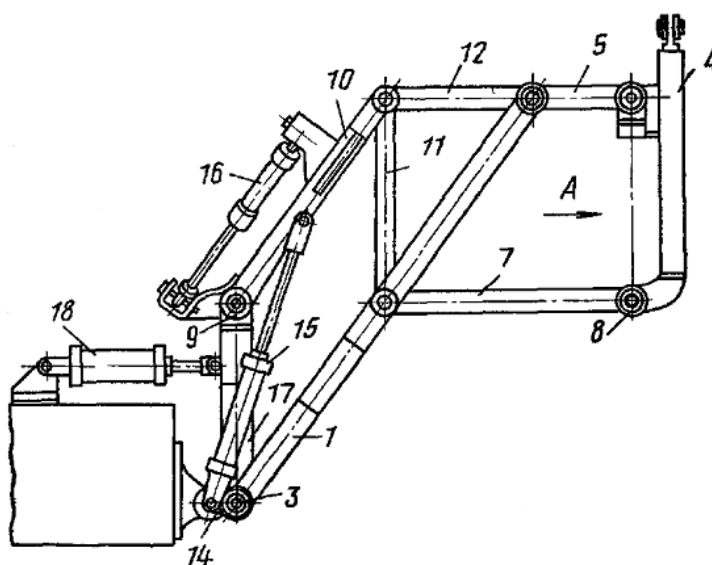


Рис. 2.12 Механізм навіски патент №1607085

Переваги конструкції. Розширені можливості агрегування: система сумісна з широким спектром сільськогосподарських знарядь завдяки універсальності ланок і автозчеплення. Поліпшення динамічної поведінки знарядь: рівномірне переміщення по вертикалі зменшує навантаження на з'єднувальні елементи.

Потенційні недоліки. Складність конструкції: наявність багатьох шарнірних з'єднань потребує частого технічного обслуговування і мастила.

2.5 Висновки

1. Обґрунтовано актуальність розробки механізму для агрегування мостової машини з знаряддями, що використовуються на вирощуванні овочів та поставлено задачі для досягнення мети проекту.

2. Проведений аналіз сучасних технічних рішень в області автоматизації вирощування овочевих культур показав значний інтерес до індивідуалізованого догляду за рослинами. Розглянуті інноваційні розробки, зокрема платформи «Ladybird», «Hortibot» та система «AGROKRUIH», підтвердили ефективність адресного обробітку в сучасному землеробстві.

3. За об'єкт модернізації обрано симетричну двоопорну мостову машину, що планується до використання в господарстві ПП «Агровест-Україна» на вирощуванні овочів. Запропоновано використання систему координатно-транспортного типу, яка дозволяє розділити ділянку на транспортні та агротехнічні зони та забезпечити точну навігацію агрегатів без потреби у складному обладнанні.

4. В результаті аналізу конструкцій агрегування сільськогосподарських машин було досліджено низку винаходів і патентних рішень, що дозволили визначити оптимальні підходи до створення механізму навішування, який забезпечує надійне та адаптивне з'єднання знарядь з мостовою машиною. Це дає змогу реалізувати високоточне виконання агротехнічних операцій із мінімальним впливом на рослини та ґрунт.

Розділ 3. КОНСТРУКТИВНО-РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

3.1 Розробка конструктивної схеми механізму для агрегування з сільськогосподарськими машинами агромота

Особливістю агрегування агромота з сільськогосподарськими знаряддями для виконання технологічних операцій є висока кліренсна база. Знаряддя монтуються на навісному механізмі безпосередньо під рамою (фермою) агромота, що дозволяє точно позиціонувати їх у межах міжрядь чи рядків. Це виключає необхідність розміщення робочих знарядь позаду машини, як у класичних тракторах, і забезпечує кращий візуальний контроль оператором за виконанням технологічних операцій.

Механізм агрегування повинен забезпечувати плавне вертикальне копіювання рельєфу для рівномірної глибини обробітку ґрунту чи посіву сільськогосподарських культур. Використання швидкознімні вузлів, дозволяє швидко замінювати тип знаряддя без потреби демонтажу основних елементів.

Керування механізмом агрегування здійснюється через гідравлічні або електрогідравлічні системи, інтегровані з системою керування машиною. У сучасних моделях передбачено автоматичне позиціонування робочих секцій відповідно до рядків, що досягається за допомогою GPS-навігації або оптичних сенсорів. Такий підхід дозволяє зменшити людський фактор і знизити втрати культури через випадкові наїзди на рядки.

Таким чином, процес агрегування агромотової машини з сільськогосподарськими знаряддями потребує комплексного підходу, враховуючи ширину міжрядь, конструктивні особливості рами, масу знарядь, систему їх кріплення та тип виконуваної технологічної операції. Грамотно спроектований механізм агрегування забезпечить високу точність обробітку, збереження рослин, економію ресурсів та підвищення продуктивності праці.

За результатами проведеного аналізу механізмів агрегування в попередньому розділі та врахувавши особливості агромостової машини розроблено конструкцію механізму агрегування агромоста з навісними машинами (рис. 3.1). Завдяки використанню гідравлічного приводу з елементами стабілізації забезпечує плавну роботу механізм агрегування без ривків на чотирьох режимах керування положенням знарядь відносно мостової машини та ґрунту, а саме підняття, опускання, вимкнено та плаваючий для копіювання рельєфу ділянки поля.

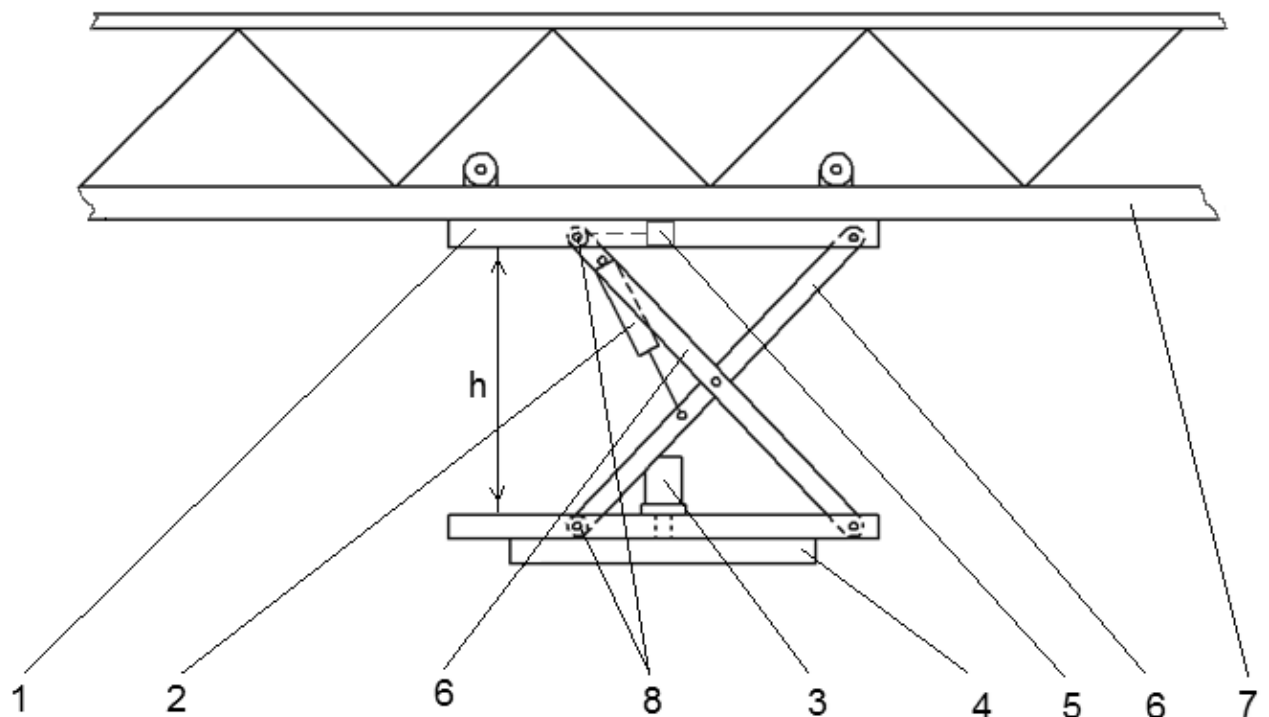


Рис. 3.1. Механізм для агрегування мостової машини з навісними знаряддями

- 1 – технологічний модуль (каретка); 2 – силовий гідравлічний циліндр;
- 3 – об’ємний поворотний гідродвигун; 4 – приєднувальна платформа;
- 5 – система контролю переміщення платформи; 6 – підтримуючі тяги;
- 7 – повздовжні напрямні опори агромоста; 8 – напрямні ролики

Робота механізму відбувається за наступним алгоритмом. Використовуючи технологічну площадку на початку заїмки виконуємо агрегування знаряддя з приєднувальною платформою 4 агромоста за допомогою швидко-зачепів після

чого піднімаємо знаряддя над ґрунтом і зміщуємося з ним на міжряддя (рядок) для виконання технологічної операції. Опускаємо знаряддя використовуючи гідроциліндр 2 та тяги 6. З одного боку тяги з'єднані з технологічним модулем та приєднувальною платформою 4 а з другого роликами 8 ковзає по напрямним модуля 1 та приєднувальної платформи.

Переводимо механізм агрегування в плаваючий режим сполучаючи порожнини гідроциліндра між собою. Переміщуємо знаряддя за допомогою приводу технологічного модуля 1 до кінця міжряддя (рядка). В кінці рядка чи міжряддя виконуємо підйом знаряддя та виконуємо його поворот з платформою 4 на 180 градусів за допомогою гідродвигуна 3. Зміщуємо ферму агромоста на наступне міжряддя (рядок) та переводимо механізм агрегування в плаваючий режим та переміщуємо знаряддя в зворотному напрямку після чого цикл повторюється. Використання поворотної платформи дозволяє підвищити продуктивність агромостової машини в агрегаті з знаряддям за рахунок усунення холостих переїздів модуля з робочими органами знаряддя.

3.2 Розробка гідроприводу механізму агрегування

Враховавши особливості роботи гідроприводу обираємо схему з відкритою циркуляцією рідини тобто з безпосереднім з'єднанням елементів гідроприводу з гідробаком *B* (рис. 3.2). Така схема конструктивно простіша та задовольняє всім вимогам. Основними складовими гідроприводу відкритого типу є об'ємний гідронасос шестеренного типу *H*, поршневий гідравлічний циліндр *Г* двосторонньої дії, електрогідравлічний розподільник (чотирипозиційний) *P1* та електрогідравлічний розподільник (трипозиційний) *P2*, поворотний гідромотор *M* та елементи захисту та очищення рідини.

Використовуючи електрогіддорозподільник *P1*, що дозволяє реалізувати чотири функціональні режими роботи гідравлічного циліндра *Г*: піднімання, опускання, нейтральне положення та плаваючий режим. Розподільник *P2*, у

свою чергу, є трипозиційним і керує гідромотором M , забезпечуючи такі режими: обертання вліво, зупинка та обертання вправо.

В гідравлічній схемі (рис. 3.2) передбачено використання розподільників $P1$ і $P2$, у яких у нейтральному положенні перекриваються як напірна, так і зливна лінії. Щоб уникнути небезпечного зростання тиску в цих лініях, яке може виникнути через інерційне гальмування гідродвигуна, встановлено запобіжні клапани $K2$ та $K3$. Вони захищають гідросистему від перевантаження під час раптової зупинки приводу.

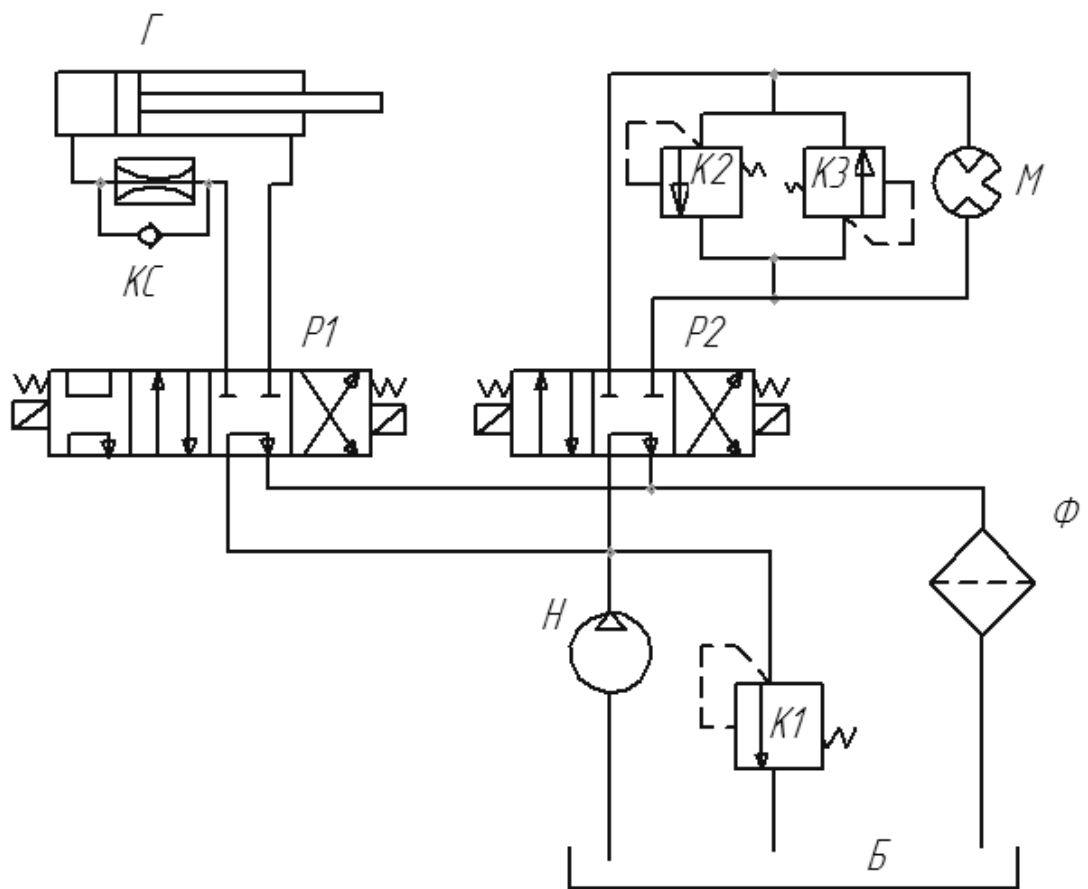


Рис. 3.2 Схема гідравлічного приводу механізму агрегування

Застосування саме таких типів розподільників дає змогу оперативно зупиняти виконавчий механізм (зокрема, поворотний гідродвигун), підвищуючи точність і безпеку роботи. Для захисту гідравлічного насоса в умовах

перевантаження в систему включено запобіжний клапан $K1$, який налаштовується на тиск спрацювання трохи вищий за уставки клапанів $K2$ та $K3$. Робота гідравлічного циліндра Γ під час підйому, опускання механізма агрегування відбувається плавно завдяки встановленому дросельному (сповільнюючому) клапану $KС$. Надійна робота гідроприводу підтримується кондиціонером робочої рідини фільтром Φ .

Для забезпечення надійної роботи гідроприводу механізма агрегування виконаємо розрахунки конструктивно-технологічних параметрів за якими проведемо вибір основних складових приводу. Для цього використаємо вихідні дані наведені в додатку А та загально прийняті методики розрахунку [14, 15].

3.3 Розрахунок основних параметрів та складових гідроприводу механізма агрегування

Перед початком розрахунку необхідно визначитися з значенням робочого тиску гідроприводу. Вибір тиску виконуємо з урахуванням масово габаритних показників складових гідроприводу, потужності виконавчих механізмів (гідродвигуна і гідроциліндра) та робочого тиску основного гідравлічного насоса системи. Отже врахувавши дані вимоги приймаємо стандартне значення тиску.

$$p_1 = 14 \text{ МПа.}$$

В якості робочої рідини використовуємо оливу HLP 32 з кінематичною в'язкістю $22 \text{ мм}^2/\text{с}$ за температури $t=40 \text{ }^\circ\text{C}$. Дана олива оптимально підходить для гідроприводів з циклічною роботою та температурою експлуатації машини від 0 до 50 градусів.

1. Розрахунок та вибір гідравлічного циліндра

Врахувавши принцип роботи механізма обираємо гідравлічний циліндр поршневого типу з двостороннім рухом штока.

Значення потужності гідравлічного циліндра визначимо за формулою:

$$N_{\Gamma} = \frac{F_{\Gamma} \cdot v_B}{1000} = \frac{2000 \cdot 9,81 \cdot 0,03}{1000} = 0,6 \text{ кВт}, \quad (3.1)$$

де v_B – швидкість руху штока гідравлічного циліндра, згідно додатку А.

F_{Γ} – значення зусилля штока гідравлічного циліндра, згідно додатку А;

Значення робочого тиску в поршневій та штоковій порожнинах гідравлічного циліндра визначимо за формулою:

$$p_{\Gamma} = p_1 \cdot \eta_{\Gamma} = 14 \cdot 0,75 = 10,5 \text{ МПа}, \quad (3.2)$$

де η_{Γ} – гідравлічний коефіцієнт корисної дії, згідно додатку А.

Значення діаметра поршня гідравлічного циліндра визначимо за формулою:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\Gamma}}{\pi \cdot p_{\Gamma} \cdot \eta_M}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2000 \cdot 9,81}{3,14 \cdot 10,5 \cdot 10^6 \cdot 0,9}} = 0,051 \text{ м}, \quad (3.3)$$

Округлюємо до стандартного значення $d=60$ мм.

де η_M – механічний коеф. корисної дії, згідно додатку А.

Врахувавши отримане значення потужності гідроциліндра та діаметр його поршня обираємо гідравлічний циліндр марки $SG-SE-60 \times 200-S$ [16] (рис. 3.3). Основні технічні показники наведено в табл. 3.1.

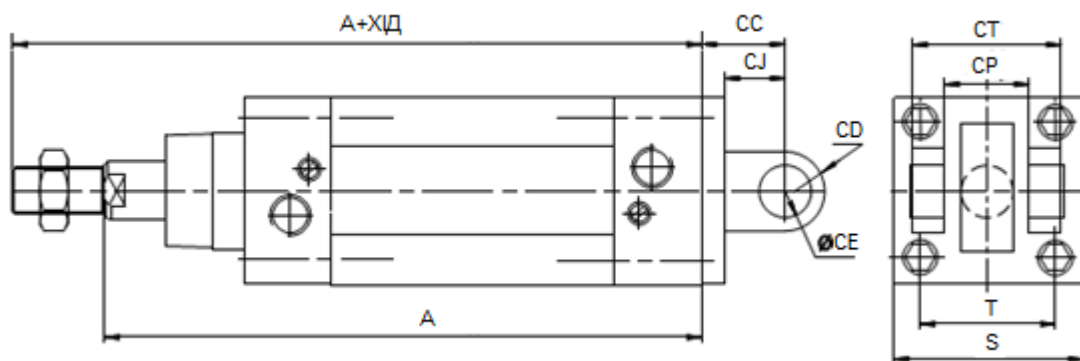


Рис.3.3. Поршневий гідроциліндр двосторонньої дії

Таблиця 3.1 – Основні технічні показники гідроциліндра

| Показники | Значення |
|--|------------------------------|
| Тип | Поршневий, двосторонньої дії |
| Зусилля на штокові, кг | |
| Підйом | 2000 |
| Опускання | 1200 |
| Робочий тиск, МПа | 14 |
| Діаметр поршня, мм | 60 |
| Діаметр штока, мм | 30 |
| Швидкість поршня, м/с | 0,03 |
| Хід штока, мм | 100 |
| Значення основних габаритних розмірів, мм: | |
| СJ | 30 |
| СС | 36 |
| А+хід штоку | 450 |
| А | 250 |
| Т | 60 |
| S | 80 |
| СЕ | 14 |
| CD | 32 |
| CP | 48 |
| СТ | 72 |

Проведемо уточнений розрахунок тиску в порожнині гідроциліндра

$$p_{ГV} = \frac{4 \cdot F_{\Gamma}}{\pi \cdot d^2 \cdot \eta_M} = \frac{4 \cdot 2000 \cdot 9,81}{60^2 \cdot 3,14 \cdot 0,9} = 7,71 \text{ МПа.} \quad (3.4)$$

Витрата рідини на гідроциліндрі становитиме

$$Q_{\Gamma} = v_B \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 0,03 \frac{3,14 \cdot 0,06^2}{4} = 0,000085 \text{ м}^3 / \text{с} \text{ або } 5,09 \text{ л} / \text{хв.} \quad (3.5)$$

2. Розрахунок поворотного гідродвигуна

Гідродвигун (рис. 3.4) циклічно здійснюючи періодично поворот привідного валу з платформою агрегування на півоберта (180 градусів). Використовуючи вихідні дані (додаток А) визначимо основні конструктивно-технологічні параметри двигуна.

Значення площі робочої порожнини гідродвигуна визначимо із формули розрахунку крутного моменту на валу двигуна:

$$M_M = p \cdot S \cdot l, \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (3.6)$$

$$S = \frac{M_M}{p_M \cdot l}, \text{ м}^2 \quad (3.7)$$

де S – площі робочої порожнини гідродвигуна, м^2 ;

p_M – значення робочого тиску в порожнині гідродвигуна, Па;

l – плече прикладання сили тиску, м

$$l = \frac{(R+r)}{2} = \frac{(0,125+0,015)}{2} = 0,07 \text{ м}^2, \quad (3.8)$$

де R – значення великого радіусу порожнини, м згідно додатку А:

r – значення малого радіусу порожнини, м згідно додатку А:

Значення робочого тиску у порожнині гідродвигуна визначимо за формулою:

$$p_M = p_1 \cdot \eta_r = 14 \cdot 0,75 = 10,5 \text{ МПа}, \quad (3.9)$$

тоді:

$$S = \frac{924}{10,5 \cdot 10^6 \cdot 0,07} = 0,00126, \text{ м}^2$$

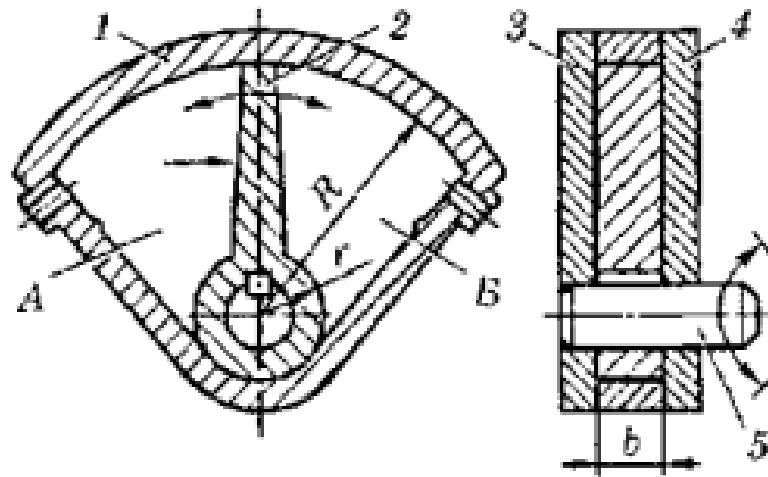


Рис. 3.4. Поворотний гідродвигун

Значення ширини витіснювача (пластини) визначимо за формулою:

$$S = (R - r) \cdot b, \text{ м}^2 \quad (3.10)$$

тоді:

$$b = \frac{S}{(R - r)} = \frac{0,00126}{(0,125 - 0,015)} = 0,012, \text{ м} \quad (3.11)$$

Значення робочого об'єму гідродвигуна знайдемо за формулою:

$$V_{ГМ} = \pi(R - r)^2 \frac{a}{360} \cdot b, \text{ м}^3 \quad (3.12)$$

$$V_{GM} = 3,14(0,125 - 0,015)^2 \frac{180}{360} \cdot 0,012 = 0,000228 \text{ м}^3$$

Необхідний тиск для створення крутного моменту на валу гідродвигуна визначимо за формулою:

$$P_{np} = \frac{2 \cdot \pi \cdot M_m}{V_{GM} \cdot \eta_{M2} \cdot \eta_{\Gamma}}, \text{ МПа} \quad (3.13)$$

де η_{M2} – механічний коеф. корисної дії гідродвигуна;

$$\eta_{M2} = \frac{\eta_2}{\eta_{O2}} = \frac{0,85}{0,97} = 0,87 \quad (3.14)$$

Тоді
$$P_{np} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 924}{0,000228 \cdot 0,87 \cdot 0,75} \cdot 10^6 = 10,4 \text{ МПа}.$$

Необхідну витрату рідини гідромотора визначимо за формулою:

$$Q_M = V_{GM} \cdot n_2 = 0,000228 \cdot 3 = 0,000684 \text{ м}^3 / \text{хв} \\ \text{або } 0,684 \text{ л} / \text{хв}. \quad (3.15)$$

де n_2 – оберти поворотного гідродвигуна, згідно додатку А;

З урахуванням втрат необхідну подачу насоса визначимо за формулою:

$$Q_{np} = \frac{Q_{\Gamma} + Q_M}{\eta_{он} \cdot \eta_{oa}} = \frac{0,0051 + 0,000684}{0,95 \cdot 0,97} = 0,00627 \text{ м}^3 / \text{хв} \\ \text{або } 6,27 \text{ л} / \text{хв}. \quad (3.16)$$

де $\eta_{он}$ – об'ємний коеф. корисної дії гідронасоса, згідно додатку А $\eta_{он} = 0,95$;

η_{oa} – об'ємний коеф. корисної дії інших елементів на шляху від гідронасоса до гідродвигуна згідно додатку А.

Вибір інших складових гідроприводу рис. 3.2 механізму агрегування виконуємо за розрахованим значенням подачі робочої рідини. В таблиці 3.2 та додатках Б та В наведено технічні показники обраних складових гідроприводу.

Таблиця 3.2 – Технічна характеристика основних складових гідроприводу

| Назва | Марка | Основні показники |
|---|------------|--|
| Електрогідророзподільник керування гідроциліндром | 14ПГ74-1 | Золотниковий Чотирипозиційний Номінальна витрата 14 л/хв Робочий тиск до 14 МПа Втрати рідини $Q_{вт..p2} = 0,35 \text{ см}^3 / \text{с} = 0,021 \text{ л} / \text{хв}$ Втрати тиску 0,3 МПа. . |
| Електрогідророзподільник керування гідродвигуном | 14ПГ73-1-1 | Золотниковий Трипозиційний Номінальна витрата 14 л/хв Робочий тиск до 14 МПа Втрати рідини $Q_{вт..p1} = 0,33 \text{ см}^3 / \text{с} = 0,020 \text{ л} / \text{хв}$ Втрати тиску 0,3 МПа. . |
| Запобіжні клапани клапан | ВГ54-22 | Номінальний робочий тиск 14 МПа Номінальною витрата 14 л/хв. Втрати рідини $Q_{вт..к} = 0,41 \text{ см}^3 / \text{с} = 0,0241 \text{ л} / \text{хв}$. |
| Сітчастий фільтр ФС-7. | | Тонкість фільтрації $\delta = 75 \text{ мкм}$ Пропускна здатність: $Q = 20 \text{ л} / \text{хв}$ Перепад тиску: $\Delta p_{\phi} = 0,25 \text{ МПа}$. |

Врахувавши втрати в складових гідроприводу виконаємо остаточний розрахунок подачі гідронасоса:

$$Q_{ny} = Q_{np} + \sum \Delta Q_{вт}, м^3 / хв \quad (3.17)$$

де $\sum \Delta Q_{вт}$ – значення сумарних втрат в складових гідроприводу, згідно додатку А.

Тоді

$$Q_{ny} = 0,00627 + 0,0012 = 0,00747 м^3 / хв \text{ або } 7,47 л / хв.$$

3. Розрахунок гідропроводів.

Значення діаметра всмоктуючого гідропроводу визначимо за формулою:

$$d_{\epsilon} = 2 \sqrt{\frac{Q_{ny}}{\pi \cdot v_{\epsilon}}} = 2 \sqrt{\frac{0,0747 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 1,2}} = 0,0079 м \quad (3.18)$$

де v_{ϵ} – швидкість робочої рідини в всмоктуючому гідропроводі, приймаємо

$$v_{\epsilon} = 1,2 \text{ м/с}$$

Приймаємо стандартне значення діаметра гідропровода $d_{\epsilon} = 8 \text{ мм}$.

Значення діаметра нагнітаючого гідропроводу визначимо за формулою:

$$d_{н} = 4,6 \sqrt{\frac{Q_{ny}}{\pi \cdot v_{н}}} = 4,6 \sqrt{\frac{0,0747 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 2,95}} = 0,0051 м \quad (3.19)$$

де $v_{н}$ – швидкість робочої рідини в нагнітаючому гідропроводі, приймаємо

$$v_{н} = 2,95 \text{ м/с}.$$

Приймаємо стандартне значення діаметра гідропровода $d_{н} = 6 \text{ мм}$.

Значення діаметра зливного гідропроводу визначимо за формулою:

$$d_3 = 4,6 \sqrt{\frac{Q_{ny}}{\pi \cdot v_3}} = 4,6 \sqrt{\frac{0,0747 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 1,95}} = 0,00625 \text{ м} \quad (3.20)$$

де v_3 – швидкість робочої рідини в зливному гідропроводі, приймаємо $v_3 = 1,95$ м/с.

Приймаємо стандартне значення діаметра гідропроводу $d_3 = 8$ мм

З урахуванням змін діаметрів згідно стандартних значень проведемо точний розрахунок швидкостей для всмоктуючого, нагнітаючого та зливного гідропроводів:

$$v = \frac{4 \cdot Q_{ny}}{\pi d^2}, \text{ м / с} \quad (3.21)$$

Відповідно для всмоктуючого гідропроводу:

$$v_в = \frac{4 \cdot 0,0747 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 0,008^2} = 1,21, \text{ м / с}$$

Для нагнітаючого гідропроводу:

$$v_н = \frac{4 \cdot 0,0747 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 0,006^2} = 2,15 \text{ м / с}$$

Для зливного гідропроводу:

$$v_з = \frac{4 \cdot 0,0747 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 0,008^2} = 1,21, \text{ м / с}$$

4. Розрахунок та вибір гідронасоса.

Розрахунок гідронасоса розпочнем з визначення робочого тиску, що створює гідронасос:

$$p_1 = p_{np} \cdot \Delta p = 10,4 + 0,983 = 11,38 \text{ МПа}, \quad (3.22)$$

де Δp – сумарні втрати тиску в гідроприводі, МПа згідно додатку А

Гідравлічний коефіцієнт корисної дії гідронасоса визначимо за формулою:

$$\eta_{\Gamma} = 1 - \frac{\Delta p}{p_1} = 1 - \frac{0,983}{11,38} = 0,91 \quad (3.23)$$

Подача гідронасоса згідно рівняння 3.17 склала $Q_n = 0,061 \text{ см}^3 / \text{с}$.

Враховавши отримані значення обираємо об'ємний гідравлічний насос шестеренного типу НШЕ-10 [17] (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Технічна характеристика гідравлічного насоса

| Показники | Позначення | Значення |
|--|-------------|----------|
| Марка | - | НШЕ-10-2 |
| Номінальний тиск, МПа | $p_{1н}$ | 14 |
| Робочий об'єм, $\text{см}^3/\text{об}$, | V_{o1} | 10 |
| Подача, л/хв | Q_p | 10 |
| Загальний ККД | η | 0,87 |
| Об'ємний ККД | η_{o1} | 0,92 |
| Номінальна частота обертання, хв^{-1} | n | 1000 |

5. Розрахунок потужності гідроприводу

Потужність на валу гідронасоса:

$$N_n = \frac{p_1 \cdot Q_{ny}}{1000} = \frac{11,38 \cdot 10^6 \cdot 0,0747 \cdot 10^{-3}}{1000} = 0,91 \text{кВт} \quad (3.24)$$

Значення корисної потужності на валу поворотного гідродвигуна:

$$N_m = \frac{M_m \cdot \omega_2}{1000} = \frac{924 \cdot 0,314}{1000} = 0,29 \text{кВт} \quad (3.25)$$

де ω_2 –кутова швидкість на валу гідродвигуна, 0,314 рад/с.

Коефіцієнт корисної дії гідропередачі знайдемо за формулою:

$$\eta_{ГП} = \frac{N_m + N_\Gamma}{N_n} = \frac{0,29+0,6}{0,91} = 0,96 \quad (3.26)$$

Розрахунок необхідної потужності електродвигуна для приводу гідронасоса:

$$N_{ДВ} = \frac{N_n}{\eta_{ПР}} = \frac{0,91}{0,985} = 0,92 \text{кВт} , \quad (3.27)$$

де $\eta_{ПР}$ –коэф. корисної дії проміжної муфти, згідно додатку А.

6. Розрахунок гідробака.

Для розрахунку гідробака спочатку знайдемо кількість теплоти яка виділяється при роботі гідроприводу так як бак крім зберігання необхідного запасу робочої рідини виконуватиме функцію охолоджувача:

$$Q_T = N_n \cdot k_n \cdot (1-\eta), \text{Вт} \quad (3.28)$$

де k_n – коеф. що враховує тривалість роботи приводу в умовах навантаження, приймаємо $k_n=0,3$:

$$Q_T = N_n \cdot k_n \cdot (1-\eta), \text{Вт}$$

$$Q_T = 0,91 \cdot 10^3 \cdot 0,3 \cdot (1-0,82) = 49,14 \text{ Вт.}$$

Перепад температур визначимо за формулою:

$$\Delta t = t_y - t_g = 50 - 20 = 30 \text{ } ^\circ\text{C.} \quad (3.29)$$

де t_g – значення температури навколишнього середовища, згідно додатку А;

t_y – значення температури робочої оливи, згідно додатку А;

Значення об'єму гідробака визначимо за формулою:

$$V = V_{гп} + \sqrt{\left(\frac{G}{a \cdot k_{кп} \cdot \Delta t}\right)^3} = 8 + \sqrt{\left(\frac{31,15}{0,066 \cdot 15 \cdot 30}\right)^3} = 9,1 \text{ дм}^3, \quad (3.30)$$

де $V_{гп}$ – загальний об'єм робочої рідини в гідроприводі, згідно додатку А;

a – емпіричного коефіцієнту, приймаємо $a=0,066$;

$k_{кп}$ – значення коефіцієнту теплопередачі, $k_{кп} = 15$.

Приймаємо стандартне значення об'єма гідробака $V_6 = 9,5 \text{ дм}^3$.

3.4 Розрахунок опорного підшипника платформи для агрегування

Найбільш відповідальним місцем в конструкції механізму агрегування являється опорна частина поворотної платформи для агрегування. Для зменшення тертя в опорному з'єднанні використано упорний підшипник FLT 61107 (рис. 3.6) з основними показниками приведеними в таблиці 3.4.

Розрахунок упорного підшипника виконуємо згідно загальноприйнятих методик [18-20].

Таблиця 3.4 – Основні показники підшипника

| Параметр | Позначення | Значення |
|--|------------|------------------------------------|
| Тип підшипника | FLT 61107 | Кульковий однорядний упорний |
| Значення внутрішнього діаметра упорного підшипника, мм | d | 30 |
| Значення зовнішнього діаметра упорного підшипника, мм | D | 62 |
| Значення ширини упорного підшипника, мм | B | 20 |
| Значення радіуса фаски підшипника, мм | r | 1,45 |
| Значення динамічної вантажопідйомності, Н | C_d | 19200 |
| Значення статичної вантажопідйомності, Н | C_c | 12500 |



Рис. 3.5. Загальний вигляд упорного підшипника FLT 61107

Навантаженість упорного підшипника платформи для агрегування :

$$P = (XVF_r + YF_a) \cdot k_\delta \cdot k_t, H \quad (3.31)$$

де F_r – радіального навантаження упорного підшипника, Н згідно додатку А;
 F_a – осьове навантаження упорного підшипника, Н згідно додатку А;
 k_δ – коефіцієнт особливості умов роботи підшипника, приймаємо $k_\delta = 1,5$;
 k_t – температурний коефіцієнта, приймаємо $k_t = 1,1$;

$$P = (1200 + 7500) \cdot 1,5 \cdot 1,1 = 14355 H$$

Роботу підшипника оцінюємо за його розрахунковим ресурсом згідно формули:

$$L = (C_\delta / P)^m, \text{ млн. оберт} \quad (3.32)$$

де C_δ – динамічна вантажопідйомність, Н.

m – значення показника ступеня зносу, обираємо згідно [19] $m = 2$.

$$L = (19200 / 14355)^2 = 1,78 \text{ млн. оберт}$$

Наробіток підшипника в годинах визначимо за формулою:

$$L_p = L \cdot 10^6 / n \cdot 60 = 1,78 \cdot 10^6 / 3 \cdot 60 = 9888 \text{ год.} \quad (3.33)$$

де n – частота обертання, хв^{-1} .

Отримані значення ресурсу роботи підшипника дозволяють забезпечити безперебійну роботу вузла протягом 10 років за умови річного завантаження механізму агрегування в середньому близько 1000 год/рік.

3.5 Висновки

1. Розроблено конструктивну схему механізму агрегування агромостової машини із сільськогосподарськими знаряддями з урахуванням специфіки роботи та конструкції мостової машини. Запропонована конструкція передбачає розміщення знарядь під фермою машини, що забезпечує високу точність позиціонування, кращу оглядовість та зменшення пошкоджень культур.

2. Розроблено гідропривід механізму агрегування на базі схеми з відкритою циркуляцією робочої рідини. Проведено розрахунки за результатами, яких обрано основні складові гідравлічного приводу механізма агрегування.

3. Проведено розрахунок на міцність поворотного вузла платформи та обрано упорний підшипник FLT 61107. Його ресурс становить понад 9800 годин роботи, що відповідає 10-річному циклу експлуатації.

Розділ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Аналіз стану з охорони праці в господарстві

Питання охорони праці є невід’ємною складовою ефективною виробничою діяльності підприємства. У ПП «Агровест-Україна» системі охорони праці приділяється належна увага, що підтверджується наявністю відповідної документації, інструкцій, навчань та інженерно-технічних заходів.

На підприємстві функціонує служба охорони праці, яка забезпечує розробку інструкцій з безпеки праці, проводить вступні та повторні інструктажі, контролює дотримання правил безпеки. Працівники проходять обов’язкові медичні огляди, інструктажі з пожежної безпеки, дії в надзвичайних ситуаціях, використання засобів індивідуального захисту [25, 26].

Оскільки підприємство здійснює діяльність у галузі рослинництва, до основних шкідливих та небезпечних факторів належать: підвищена запиленість повітря, шум від роботи двигунів сільськогосподарської техніки, контакт із пестицидами та мінеральними добривами, небезпека травмування при роботі з технікою. Найвищий ризик несе сезонна експлуатація тракторів, комбайнів, сівалок та оприскувачів, особливо в періоди сівби та збирання урожаю.

У приміщеннях майстерень, току та складських комплексах дотримуються вимог до освітлення, вентиляції, температурного режиму. Окрема увага приділяється безпеці зберігання пального та мастильних матеріалів — місцева нафтобаза підприємства обладнана захисними щитами, ємностями для зберігання та системою пожежогасіння.

Загалом рівень організації охорони праці на підприємстві є задовільним, однак виявлено потребу в частковому оновленні засобів індивідуального захисту, удосконаленні вентиляційних систем у ремонтній майстерні, а також модернізації протипожежного обладнання у деяких підрозділах.

4.2 Заходи по поліпшенню умов праці в господарстві

Для створення безпечних та комфортних умов праці у ПП «Агровест-Україна» доцільно впровадити низку організаційних і технічних заходів:

1. **Оснащення ремонтних майстерень витяжною вентиляцією** для зниження рівня забруднення повітря парами мастил, пилом та вихлопними газами.
2. **Удосконалення освітлення робочих місць**, зокрема в майстерні та на складі запчастин, шляхом встановлення світлодіодних енергоощадних світильників.
3. **Регулярна перевірка технічного стану електрообладнання**, забезпечення заземлення всіх стаціонарних машин та електроприводів.
4. **Встановлення додаткових засобів пожежогасіння** на паливозаправному пункті, в гаражах і складських приміщеннях відповідно до норм ДБН.
5. **Закупівля сучасних засобів індивідуального захисту** (спецодяг, респіратори, захисні окуляри, навушники від шуму) з урахуванням специфіки робіт на кожній ділянці.
6. **Підвищення рівня навчання працівників з охорони праці** через проведення щоквартальних тренінгів, зокрема з тем: «Перша домедична допомога», «Дії у випадку виникнення пожежі», «Захист від хімічних факторів».
7. **Впровадження журналів контролю санітарно-гігієнічного стану**, в яких щомісяця фіксуватимуться показники мікроклімату, шуму, освітлення.

Комплексне впровадження вищезазначених заходів дозволить зменшити рівень травматизму, знизити професійні ризики та підвищити загальний рівень трудової безпеки в усіх підрозділах підприємства.

4.3 Заходи з охорони праці при експлуатації розробленого механізму агрегування

Експлуатація механізму агрегування, який забезпечує з'єднання мостової машини із сільськогосподарськими знаряддями, пов'язана з низкою потенційних ризиків для обслуговуючого персоналу. З метою мінімізації цих ризиків, на етапі проектування та введення в експлуатацію розроблені комплексні заходи з охорони праці, які враховують специфіку конструкції і технології агрегування.

До основних небезпечних виробничих факторів під час експлуатації механізму належать:

- ризик защемлення або травмування кінцівок при виконанні операцій з приєднання/від'єднання знаряддя;
- можливість витoku гідравлічної рідини під тиском;
- вібраційне та динамічне навантаження на механізм у разі неправильної експлуатації;
- електрична небезпека при порушенні ізоляції кабелів керування;
- підвищена температура елементів гідросистеми при інтенсивній роботі.

З метою запобігання нещасним випадкам передбачено наступні заходи:

1. **Конструктивні заходи:**
 - усі рухомі елементи (гідроциліндри, напрямні, гідродвигуни) захищені металевими кожухами;
 - використання швидкоз'ємних з'єднань із запобіжними фіксаторами для уникнення випадкового роз'єднання агрегатів;
 - встановлення обмежувачів ходу робочих органів для запобігання надмірному переміщенню;
 - передбачено зливні клапани тиску для аварійного скидання тиску в гідросистемі.
 -

2. Організаційні заходи:

- допуск до роботи дозволяється лише кваліфікованому персоналу, який пройшов навчання та інструктаж з охорони праці;
- перед початком кожної зміни проводиться зовнішній огляд механізму, перевірка гідравлічної системи, стану з'єднань та фіксуючих елементів;
- при зміні знарядь забороняється перебування сторонніх осіб в зоні дії механізму.

3. Технологічні рекомендації:

- усі маніпуляції із підняттям/опусканням знаряддя здійснюються лише з кабіни оператора;
- переміщення агрегованих знарядь виконується тільки після встановлення їх у транспортне положення;
- забороняється працювати з несправною гідросистемою або при наявності витоків.

4. Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ):

- обов'язкове використання захисних рукавиць, спецвзуття із металевими вставками, захисних окулярів;
- при роботі з гідравлікою – використання окулярів та засобів захисту обличчя;
- у зонах з високим рівнем шуму – протишумові навушники.

Комплексне дотримання вищенаведених заходів гарантує безпечну експлуатацію механізму агрегування, попереджає виробничий травматизм та підвищує загальний рівень культури охорони праці при роботі з мостовими машинами.

4.4 Захист навколишнього середовища при експлуатації механізму в складі з мостовою машиною

Розроблена мостова машина з механізмом агрегування має низку екологічних переваг, реалізація яких позитивно впливає на стан навколишнього середовища в зоні агровиробництва. Основні аспекти, що забезпечують екологічну безпеку при її використанні:

1. **Мінімізація ущільнення ґрунту:** Завдяки пересуванню виключно по жорстким напрямним (рейках), конструкція запобігає утворенню глибоких колій, які зазвичай виникають при русі традиційної техніки. Це сприяє збереженню структури орного шару, водно-повітряного балансу та активності ґрунтових мікроорганізмів.

2. **Зниження викидів шкідливих речовин:** За рахунок електроприводу або гібридного живлення машини, рівень викидів CO₂, NO_x та твердих часток значно знижується в порівнянні з класичними дизельними агрегатами. Це особливо важливо при роботі на полях, розташованих біля населених пунктів.

3. **Раціональне використання ЗЗР і добрив:** Механізм агрегування забезпечує точне дозування робочих речовин відповідно до системи точного землеробства. Це зменшує ризик локального перенасичення ґрунту хімікатами, запобігає потраплянню речовин у водойми та знижує токсичне навантаження на екосистему.

4. **Зменшення кількості проходів техніки:** Завдяки високій точності виконання робіт за один прохід, скорочується загальна кількість проходів по полю. Це знижує споживання пального, викиди парникових газів та механічний тиск на землю.

5. **Використання екологічно безпечних матеріалів:** У конструкції механізму передбачено застосування матеріалів з підвищеною зносостійкістю та біостійкістю, що зменшує потребу у частому обслуговуванні, заміні та утворенні відходів.

Таким чином, експлуатація розробленого механізму в складі мостової машини не лише підвищує ефективність агропроцесів, але й сприяє збереженню екологічного стану довкілля, гармонійному поєднанню технічного прогресу з принципами сталого розвитку.

4.5 Висновки

1. Проведено аналіз стану охорони праці у господарстві ПП «Агровест-Україна». Виявлено, що на підприємстві реалізовано базові заходи безпеки, однак існує потреба в подальшому оновленні технічного та інструктивного забезпечення.

2. Запропоновано низку ефективних заходів для покращення умов праці, зокрема модернізацію вентиляції, освітлення, систем пожежогасіння, забезпечення працівників сучасними ЗІЗ та проведення регулярних навчань.

3. При розробці і використанні механізму агрегування агромостової машини передбачені комплексні заходи безпеки, що мінімізують ризики травмування та забезпечують ергономічність роботи.

4. Показано, що застосування мостової машини з інноваційним механізмом агрегування сприяє зниженню екологічного навантаження на поля, зменшенню споживання ресурсів та підвищенню точності обробки без шкоди для довкілля.

Розділ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОЕКТУ

Запровадження мостового землеробства створює широкі перспективи для підвищення рентабельності сільськогосподарського виробництва шляхом удосконалення методів обробки ґрунту та ефективнішого використання ресурсів. Ключовою перевагою цієї технології є зменшення негативного впливу колісної техніки на ґрунтовий покрив. Оскільки агроміст пересувається виключно по напрямних рейках і не торкається поверхні поля, вдається уникнути повторного ущільнення ґрунту в міжряддях. Це покращує повітрообмін у кореневій зоні, сприяє активнішому росту рослин і, відповідно, може забезпечити вищу врожайність.

На початкових етапах впровадження, коли структура ґрунту ще не повністю відновлена після тривалого використання традиційної техніки, підвищення врожайності буде незначним. Проте з третього року експлуатації очікується істотне покращення показників. За оцінками, приріст урожайності може сягати 25–30%, що є критичним для культур, чутливих до ущільнення, таких як картопля, морква, буряк та інші овочі.

Окремим фактором економії є перехід на електричний привід замість дизельних двигунів. Експлуатаційні витрати електродвигунів значно нижчі завдяки нижчій вартості електроенергії, відсутності потреби в мастильних матеріалах та зниженню затрат на технічне обслуговування. Уже в перший рік використання мостової машини з електроприводом можливе скорочення витрат на паливо й мастила більш ніж на 60%, що помітно знижує собівартість продукції.

Крім того, автоматизація технологічних операцій від посіву до підживлення та захисту рослин дозволяє зменшити витрати на робочу силу, уникнути людських помилок і підвищити стабільність агровиробництва. Машина діє точно за заданими координатами й у визначений час, забезпечуючи оптимальні умови для розвитку рослин.

У межах цього проєкту проведено економічний аналіз ефективності мостового землеробства на прикладі вирощування овочів на площі 20 га. Порівнювалися два

варіанти: базовий із застосуванням звичайної техніки, та проектний із використанням агромоту. Розрахунки охопили всі ключові витрати: оплату праці, споживання пального чи електроенергії, амортизацію, обслуговування техніки. Це дало змогу об'єктивно оцінити переваги нової технології порівняно з традиційними методами.

Витрати на оплату праці на вирощуванні овочів

а) Базовий варіант

Загальні час задіяної машини на вирощуванні овочів (капусти, картоплі, перцю та ін.) на площі 20 гектар складатимуть 300 годин. Оплата проводиться по 5-му розряду, годинна тарифна ставка складає 100 грн/год.

Оплату по тарифу визначаємо за формулою:

$$T_{тр\ фон} = H_{год} \cdot T_{зм} = 300 \cdot 100 = 30000 \text{ грн} \quad (5.1)$$

де $H_{год}$ – кількість відпрацьованих годин;

$T_{зм}$ - змінна тарифна ставка, грн;

Крім того для механізаторів у господарстві передбачено ряд доплат і надбавок до тарифної ставки. А саме: доплата за продукцію – 15% від оплати по тарифу, доплата за інтенсивність роботи – 10% від оплати по тарифу, надбавка за складність роботи – 20 % від оплати по тарифу.

Таким чином загальні витрати на оплату праці механізаторів в базовому варіанті складатимуть:

$$T_{загт} = T_{тр\ фон} + T_{тр\ фон} \cdot 0,2 + T_{тр\ фон} \cdot 0,10 + T_{тр\ фон} \cdot 0,15, \text{ грн} \quad (5.2)$$

$$T_{загт} = 30000 + 30000 \cdot 0,2 + 30000 \cdot 0,10 + 30000 \cdot 0,15 = 39000 \text{ грн.}$$

б) проектний варіант

Витрати часу на виконання операцій мостовою машиною складатимуть 110 годин. Оплата проводиться по 5-му розряду, годинна тарифна ставка складає 100 грн/год:

$$T_{op\ фон} = H_{год} \cdot T_{зм} = 320 \cdot 100 = 32000 \text{ грн.} \quad (5.3)$$

Додаткові надбавки аналогічні надбавкам тракториста.

Загальні витрати на оплату оператора мостової машини

$$T_{заго} = T_{op\ фон} + T_{op\ фон} \cdot 0,15 + T_{op\ фон} \cdot 0,10 + T_{op\ фон} \cdot 0,2, \text{ грн} \quad (5.4)$$

$$T_{загт} = 32000 + 32000 \cdot 0,2 + 32000 \cdot 0,10 + 32000 \cdot 0,15 = 41600 \text{ грн.}$$

Витрати на паливо-мастильні матеріали та електроенергію

У традиційній технології вирощування овочів на площі 20 га використовується дизельна техніка, що спричиняє значні витрати на паливно-мастильні матеріали. Загальна витрата дизельного пального становить 1400 кг, а мастильних матеріалів — 45 кг на весь виробничий цикл.

З урахуванням комплексної вартості 1 кг дизельного пального на рівні 53 грн/кг, витрати на пальне обраховуються так:

Витрати на дизельне паливо:

$$\text{Спальне} = Q_{пальне} \cdot R_{пальне} \quad (5.5)$$

де $Q_{пальне}$ – витрати дизеля на вирощування овочів, 1400 кг;

$R_{пальне}$ – вартість пального, 53 грн/кг;

$$\text{Спальне} = 1400 \cdot 53 = 74200 \text{ грн.}$$

Витрати на мастильні матеріали:

$$C_{\text{маст.}} = Q_{\text{маст.}} \cdot P_{\text{маст.}} \quad (5.6)$$

де: $Q_{\text{маст}}$ – витрати мастила, 45 кг;

$P_{\text{маст}}$ – вартість 350 грн/кг.

$$C_{\text{маст.}} = 45 \cdot 350 = 15750 \text{ грн.}$$

Тоді загальні витрати на ПММ становитимуть:

$$C_{\text{ПММ}} = C_{\text{спальне}} + C_{\text{маст.}} = 74200 + 15750 = 89950 \text{ грн} \quad (5.7)$$

б) Проектний варіант

У варіанті з використанням агропостової машини з електроприводом основним джерелом енергії виступає електроенергія. Загальна сезонна витрата становить 4375 кВт·год.

За ціни 6,5 грн за 1 кВт·год, вартість електроенергії складе:

$$C_{\text{ел.ен.}} = W_{\text{ел.}} \cdot P_{\text{ел.}}, \text{ грн} \quad (5.8)$$

де: $W_{\text{ел.}}$ – споживання енергії, 4375 кВт;

$P_{\text{ел.}}$ – вартість електроенергії 6,5 грн/кВт

$$C_{\text{ел.ен.}} = 4375 \cdot 6,5 = 28437,5 \text{ грн.} \quad (5.9)$$

5.3 Визначення вартості амортизаційних відрахувань

а) Базовий варіант

Балансова вартість трактора ДТЗ-5404 складає 450300 грн, норма амортизації - 12% від балансової вартості.

Таблиця 5.1 – Амортизаційні відрахування на енергозасіб

| Марка трактора | Балансова вартість, грн | Річне нормативне навантаження, год | Фактично відпрацьовано, год | Амортизаційні відрахування, грн |
|----------------|-------------------------|------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| ДТЗ-5404 | 450300 | 300 | 300 | 54036 |

б) проектний варіант

Балансова вартість агромосту складає 520000 грн. При нормі амортизації 12%, амортизаційні відрахування складуть:

$$V_{ам} = B_M \cdot A_B = 520000 \cdot 0,12 = 62400 \text{ грн} \quad (5.10)$$

де B_M – балансова вартість агромосту, 520000 грн;

A_B – норма амортизаційних відрахувань, 12%.

Крім того основні виробничі витрати включатимуть в себе витрати на ремонт, ТО та зберігання техніки (5% від балансової вартості). Методика визначення цих витрат аналогічна методиці визначення цих витрат на амортизацію.

В базовому варіанті:

$$V_{ТО} = B_M \cdot P_{ТО,ін} = 450300 \cdot 0,05 = 22515 \text{ грн.} \quad (5.11)$$

В проектному варіанті:

$$V_{ТО} = B_{ам} \cdot A_T = 520000 \cdot 0,05 = 26000 \text{ грн.} \quad (5.12)$$

Тоді загальні експлуатаційні витрати визначимо за формулою:

$$V_{заг.е} = V_{мо} + V_{ам} + C_{ПММ} + T_{заг} \quad (5.13)$$

В базовому варіанті:

$$V_{заг.еб} = 22515 + 54036 + 89950 + 39000 = 205501 \text{ грн.}$$

В проектному варіанті:

$$\text{Взаг.еп} = 26000 + 62400 + 28437,5 + 41600 = 158437,5 \text{ грн.}$$

Тоді економічний ефект складе:

$$E = \text{Взаг.еб} - \text{Взаг.еп} = 205501 - 158437,5 = 47063,5 \text{ грн} \quad (5.14)$$

Термін окупності:

$$T = (\text{Бмп} - \text{Бмб}) / E = (520000 - 450300) / 47063,5 = 1,48 \text{ року} \quad (5.15)$$

Таблиця 5.2 – Техніко-економічні показники проекту

| Показник | Варіант | |
|---------------------------------------|-----------------------|----------------------|
| | базовий | проектний |
| Енергетична машина | Трактор ДТЗ-5404 | Агроміст |
| Процес | Вирощування овочів | Вирощування овочі |
| Об'єм робіт, га. | 20 | 20 |
| Завантаженість год | 300 | 320 |
| Вартість машини, грн. | 450300 | 520000 |
| загальні експлуатаційні витрати, грн. | 205501 | 158437,5 |
| В тому числі оплата праці, грн. | 39000 | 41600 |
| Паливно-мастильні матеріали, грн. | 89950 | - |
| Електроенергія, грн. | - | 28437,5 |
| Амортизаційні відрахування, грн. | 54036 | 62400 |
| Ремонт, ТО та зберігання, грн. | 22515 | 26000 |
| Економічний ефект | 47 063,5 | |
| Термін окупності, року | 1,48 | |

Висновки

Економічна оцінка підтвердила доцільність впровадження мостового землеробства. Проектний варіант із використанням агромостової машини з електроприводом дозволяє знизити експлуатаційні витрати на 47 063,5 грн порівняно з базовим варіантом. Основна економія досягається за рахунок дешевшої електроенергії, зменшення витрат на ПММ та підвищення ефективності праці. Розрахований термін окупності становить 1,48 року, що свідчить про високу економічну ефективність запропонованої технології.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У ході виконання кваліфікаційної роботи було розроблено та технічно обґрунтовано конструкцію механізму агрегування агрометрової машини для точного землеробства, яка забезпечує надійне агрегування з різними знаряддями для вирощування овочевих культур. Сам агроміст забезпечує зниження тиску на ґрунт, зменшення витрат ресурсів і підвищення врожайності овочевих культур. Запропонована конструкція базується на рамі ферменного типу з автономним електроприводом, що рухається по жорстко зафіксованих напрямних рейках, забезпечуючи точне позиціонування робочих органів.

В рамках роботи було проаналізовано сучасні технології механізації овочівництва, проведено технічне, агротехнічне та економічне обґрунтування доцільності переходу на мостову систему землеробства. Виконано всі необхідні розрахунки міцності, енергозабезпечення, конструкції приводу та керування механізмом агрегування агромета. Особливу увагу приділено питанням охорони праці, екологічної безпеки та зниження ризиків під час експлуатації.

Проведена техніко-економічна оцінка показала, що застосування мостової технології дозволяє зменшити загальні витрати на вирощування овочів майже на 23% у порівнянні з традиційною тракторною технікою. Економічний ефект становить понад 47 тис. грн, а термін окупності інвестицій лише 1,48 року.

ЛІТЕРАТУРА

1. Мостове землеробство. Елементи теорії та результати досліджень [Текст] : [монографія] / Кобець А. С., Теслюк Г. В., Пугач А. М., Сокол С. П., Надикто В. Т., Улексін В. О., Бойко В. Б., Золотовська О. В., Теслюк Ю. В. Дніпров. держ. аграр.-екон. ун-т. - Дніпро : Акцент ПП, 2023. - 367 с.
2. Звіт господарства ПП «Агровест-Україна» за 2022-2024 рік.
3. Л. Єрмакова, М. Поліщук, С. Каленська, В. Паламарчук, І. Поліщук. Системи сучасних інтенсивних технологій у рослинництві. Видавництво Рогальська І.О. – К. 2015. – 448 с.
4. <http://ladybird.at/>
5. <http://hortibot.dk/>
6. Chamen W.C.T., Dowler D., Leede P.R., Longstaff D.J. Design, operation and performance of a gantry system: experience in arable cropping. Journal of Agricultural Engineering Research 1994, 59: 45–60.
7. <http://agrokruh.sk/>
8. Головчук А.Ф. Трактори. К: Вища освіта, 2008. - 169 с.
9. Сучасні трактори. <https://propozitsiya.com/articles/tekhnika-ta-obladnannya-traktory/suchasni-traktory>
10. Надикто В.Т., Улексін В.О. Колійна та мостова системи землеробства: Монографія. – Мелітополь: ТОВ «Видавничий будинок «ММД», 2008. 270 с.
11. Авторське свідоцтво UA №54907, Навісний механізм МПК: А01В 59/00, 17.08.2007
12. Авторське свідоцтво UA№14394, Механізм навіски трактора.: МПК: А01В 59/00, 15.05.2006
13. Механізм агрегування.: Патент №1607085, МПК: А01В 59/00, 1989 р
14. О.М. Погорілець. Гідропривід сільськогосподарської техніки. К: Вища освіта, 2004. – 368 с.
15. С.М. Петренко. Розрахунок гідроприводу. Методичний посібник. - Мінськ. БНТУ, 2011. - 98 с.

16. Гідроциліндр ЦС-40. <https://slovak-mtz.com/p1373039194-gidrotsilindr-tss-usilenij>.
17. Насос шестеренний НШ-10. <https://aspect.prom.ua/ua/p1112093004-nasos-nsh-nsh.html>
18. Козаченко О.В. Ресурсозбереження в сільськогосподарських агрегатах при виконанні технологічних операцій у рослинництві. Автореферат дис. докт. техн. Наук – Харків, 2006. – 37с.
19. Дирда В.І., Овчаренко Ю.М., Рижков І.Є. Деталі машин: Підручник. – Дніпропетровськ: Авантаж, 2006. – 448 с
20. Біргер І.А. Розрахунок на міцність деталей машин: Довідник/І. А. Біргер, Б. Ф. Шорр, Г. Б. Йосилевич. - 4-те вид., Перероб. та дод. - М.: Машинобудування, 1993. - 640 с.
21. Войтюк Д., Аніскевич Л., Гаврилюк Г., Волянський Н. Система точного землеробства – новий індустріальний крок у сільському господарстві //Сільгосптехніка України – 1988, № 2. – С. 32...33.
22. Войтюк Д., Аніскевич Л., Волянський М. Перспективи впровадження в Україні системи точного землеробства / Збірник наукових праць національного аграрного університету “Механізація сільського виробництва”. Том 13. – Київ: НАУ, 2002.- С. 93...97.
23. Шустік Л., Осіпов Л. Перспективи впровадження системи адресного землеробства / Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Вип. 28. – Кіровоград: КДТУ, 2009.- С. 215...218.
24. Панченко О.М. Теорія та розрахунок сільськогосподарських машин: Лабораторний практикум / Дніпропетр. Держ. Агр. Ун-т. - Дніпропетровськ, 2002. - 396 с.
25. Голінько В.І. Основи охорони праці: підручник / В.І. Голінько; Нац. гірн. ун-т. –2-ге вид. – Д.: НГУ, 2014. – 271 с.
26. Закон України «Про охорону праці». № 2695-ХІІ від 24.11.1992 року
27. Й.М. Петрович. Економіка підприємства: Підручник . – Львів: Вид. «Магнолія +». 2004 – 681 с.

ДОДАТКИ

Додаток А

Вихідні дані для виконання розрахунку елементів
гідропривода механізму агрегування

| Показник | Позначення | Значення |
|--|-------------|----------|
| 1 | 2 | 3 |
| Хід платформи агрегування, мм | $h_{п}$ | 320 |
| Ширина платформи, мм | $B_{п}$ | 340 |
| Довжина платформи, мм | $L_{п}$ | 360 |
| Максимальна вага навісної машини, кг | $m_{м}$ | 130 |
| Швидкість руху вихідної ланки гідроциліндра, м/с | $v_{в}$ | 0,03 |
| Зусилля на штоці гідроциліндра, Н | $F_{г}$ | 2000 |
| Оберти на валу гідродвигуна в $xв^{-1}$ | n_2 | 3 |
| Крутний момент на валу гідромотора, Н•м | $M_{м}$ | 924 |
| Гідравлічний коефіцієнт корисної дії | $\eta_{г}$ | 0,75 |
| Механічний коеф. корисної дії | $\eta_{м}$ | 0,90 |
| Великий радіус порожнини гідродвигуна, м | R | 0,125 |
| Малий радіус порожнини гідродвигуна, м | r | 0,015 |
| Об'ємний коеф. корисної дії поворотного гідродвигуна | $\eta_{ом}$ | 0,97 |
| Об'ємний коеф. корисної дії гідронасоса | $\eta_{он}$ | 0,95 |
| Об'ємний коеф. корисної дії інших елементів на шляху від гідронасоса до гідродвигуна | $\eta_{оа}$ | 0,97. |
| Довжина лінії всмоктування, м | $l_{в}$ | 0,5 |
| Довжина лінії нагнітання, м | $l_{н}$ | 2,5 |
| Довжина лінії зливу, м | $l_{з}$ | 1,7 |
| Значення сумарних втрат тиску в гідропроводі, МПа | Δp | 0,983 |
| Коефіцієнт корисної дії проміжної муфти | $\eta_{пр}$ | 0,985 |
| Зачення температури навколишнього середовища, °С | $t_{в}$ | 20 |
| Значення температури робочої оливи, °С | $t_{у}$ | 50 |

Додаток Б
Характеристика клапана ВГ54-22

| Параметр | Значення |
|-------------------------------|--|
| Позначення моделі | ВГ54-22 |
| Тип клапана | Гідравлічний зворотний (запобіжний або зворотно-перепускний) |
| Призначення | Пропускає рідину в одному напрямку та блокує її в зворотному |
| Робоче середовище | Мінеральні гідравлічні масла типу МГЕ-46В, МГ-10 тощо |
| Номінальний тиск | до 22 МПа (220 бар) |
| Пропускна здатність | до 25 л/хв (може варіюватися залежно від версії) |
| Діаметр умовного проходу (DN) | Ø6–Ø10 мм (типово для цієї серії, уточнюється по документації) |
| Тип монтажу | Різьбове з'єднання або фланцеве (залежно від виконання) |
| Матеріал корпусу | Сталь з антикорозійним покриттям |
| Температурний діапазон | від –30 °С до +80 °С |
| Герметичність | Повна герметичність у зворотному напрямку при закритому положенні |
| Маса | орієнтовно 0,4–0,7 кг (залежно від модифікації) |
| Застосування | Гідросистеми тракторів, пресів, підйомних механізмів, верстатів тощо |

Додаток В

Характеристика гідророзподільника

| Параметр | Значення |
|--|--|
| Позначення моделі | 14ПГ73-1-1 |
| Тип | Гідравлічний золотниковий розподільник |
| Кількість секцій | 1 секція |
| Кількість робочих положень | 3 (нейтральне, робоче положення в обидва боки) |
| Тип управління | Механічне або гідравлічне (залежно від виконання) |
| Призначення | Розподіл потоку гідравлічної рідини між споживачами |
| Номінальний тиск | до 20 МПа (200 бар) |
| Максимальна витрата робочої рідини | до 63 л/хв |
| Тип робочого середовища | Мінеральна гідравлічна олива (наприклад, МГЕ-46В, МГ-10) |
| Температурний діапазон експлуатації | від -30 °С до +80 °С |
| Тип корпусу | Чавун або сталь |
| Тип ущільнення | Манжетне або кільцеве (залежно від комплектації) |
| Маса | орієнтовно 4–6 кг (залежно від варіанту виготовлення) |
| Клас захисту (для електричних моделей) | IP54–IP65 (якщо встановлені електрокотушки) |
| Застосування | Гідросистеми тракторів, комбайнів, навантажувачів, сільськогосподарської техніки |