

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра агроінжинірингу

До захисту
Допускається
Завідувач кафедри

Шуляк М.Л.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
на тему: «Удосконалення технологічної операції: міжрядний обробіток ґрунту, при вирощуванні технічних культур, шляхом модернізації культиватора УСМК-5,4»

Виконав:

(підпис)

Андрущенко А.А.

(Прізвище, ініціали)

Група:

ЗМЕХ 2001.

(Науковий) керівник:

(підпис)

Калнагуз О.М.

(Прізвище, ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерно-технологічний

Кафедра агроінжинірингу

Ступінь вищої освіти «Бакалавр»

Спеціальність 208 Агроінженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

агроінжинірингу

_____ Шуляк М.Л.

“ _____ ” вересня 2024 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

_____ Андрущенко Артем Андрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Удосконалення технологічної операції: міжрядний обробіток ґрунту, при вирощуванні технічних культур, шляхом модернізації культиватора УСМК-5,4» _____,

керівник роботи: Калнагуз Олексій Миколайович, старший викладач _____,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “ _____ ” _____ 202_ року
№ _____

2. Строк подання здобувачем роботи: “ 1 ” червня 2025 року.

3. Вихідні дані до роботи: виробничо-фінансові звіти з господарства за останні роки; довідникова література; посібники; наукові журнали з даної тематики; статті з наукових збірників; матеріали отримані під час проходження переддипломної практики; Інтернет джерела; методичні рекомендації для виконання проекту (роботи). _____

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
Вступ. _____

1. Характеристика господарства. _____

2. Технологічна частина. _____

3. Конструктивна частина. _____

Загальні висновки. _____

Список використаних джерел. _____

Додатки. _____

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

1. Характеристика господарства
2. Технологічна частина
3. та 4. Конструктивна розробка. (Складальне креслення та Робочі креслення нестандартних деталей)

6. Консультанти розділів роботи:

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|--------|---|----------------|------------------|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| | | | |
| | | | |

7. Дата видачі завдання: “ _____ ” вересня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів кваліфікаційної роботи | Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи | Погоджено з керівником кваліфікаційної роботи |
|-------|--|---|---|
| 1 | Обрання теми | до 10.09.2024 р. | |
| 2 | Аналіз літературних джерел з обраної тематики | до 02.12.2024 р. | |
| 3 | Складання плану роботи | до 09.12.2024 р. | |
| 4 | Написання вступу | до 21.12.2024 р. | |
| 5 | Підготовка розділу 1 «Характеристика підприємства» | до 15.02.2025 р. | |
| 6 | Підготовка розділу 2 «Технологічна частина» | до 06.04.2025 р. | |
| 7 | Підготовка розділу 3 «Конструктивна частина» | до 01.05.2025 р. | |
| 8 | Написання загальних висновків | до 12.05.2025 р. | |
| 9 | Подання роботи на перевірку унікальності | до 17.05.2025 р. | |
| 10 | Подання роботи на рецензування | до 23.05.2025 р. | |
| 11 | Подання роботи до попереднього захисту | до 27.05.2025 р. | |

Здобувач вищої освіти

_____ (підпис)

Андрущенко А.А.

(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

_____ (підпис)

Калнагуз О.М.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Андрущенко Артем Андрійович. «Удосконалення технологічної операції: міжрядний обробіток ґрунту, при вирощуванні технічних культур, шляхом модернізації культиватора УСМК-5,4».

Кваліфікаційна (бакалаврська) робота на здобуття ступеня бакалавра за спеціальністю 208 Агроінженерія. – Сумський національний аграрний університет. – Суми. – 2025, 54 с.

Кваліфікаційна (бакалаврська) робота складається з чотирьох розділів, вступу, загальних висновків, списку використаних джерел із 28 найменувань, додатків та графічної частини формату А1.

У кваліфікаційній роботі проаналізовано структуру діяльності Інституту Сільського господарства Північного Сходу НААН України, яке знаходиться на території Сумської громади та має в обробітку більше трьох тисяч гектарів землі де вирощуються як зернові так і технічні культури. В технологічній частині наведено технологічні відмінності вирощування технічної культури в світі та в Україні. Описали необхідність використання сівозмін; ширини та густоти посіву; підготовку поля до посіву. Розроблена операційна карта технології для міжрядного обробітку ґрунту; обґрунтований тяговий опір; коефіцієнт використання тягової сили. Описали кінематичні характеристики роботи агрегату в загоні. Запропонований в кваліфікаційній роботі комбінований робочий орган до культиватора УСМК-5,4Б призначений для ранньовесняного обробітку ґрунту із смуговим внесенням гербіцидів, заробленням їх в ґрунт в зонах майбутніх рядків рослин, нарізання напрямних щілин, розпушування ґрунту з одночасним вирівнюванням поверхні і маркуванням поля під сівбу буряків.

Ключеві слова: технічна культура, ширина міжряддя, глибина оранки, технічний засіб, обґрунтування раціонального технічного засобу, міжрядний обробіток, вдосконалений культиватор, технологічний процес, лапа.

ABSTRACTS

Andrushchenko Artem Andriyovych. "Improvement of technological operation: inter-row tillage of soil, when growing industrial crops, by modernizing the cultivator USMK-5.4".

Qualification (bachelor's) work for obtaining a bachelor's degree in specialty 208 Agroengineering. - Sumy National Agrarian University. - Sumy. - 2025, 54 p.

Qualification (bachelor's) work consists of four sections, introduction, general conclusions, a list of used sources from 28 names, appendices and a graphic part of format A1.

The qualification work analyzes the structure of the activities of the Institute of Agriculture of the North-East of the NAAS of Ukraine, which is located in the territory of the Sumy community and has more than three thousand hectares of land under cultivation where both grain and industrial crops are grown. The technological part presents technological differences in the cultivation of industrial crops in the world and in Ukraine. The need for crop rotation is described; width and density of sowing; field preparation for sowing. An operational map of the technology for inter-row tillage has been developed; draft resistance has been substantiated; draft force utilization factor. The kinematic characteristics of the unit's operation in the paddock have been described. The combined working body for the USMK-5.4B cultivator proposed in the qualification work is intended for early spring tillage with strip application of herbicides, incorporation into the soil in the zones of future rows of plants, cutting guide slots, loosening the soil with simultaneous surface leveling and marking the field for beet sowing.

Keywords: industrial crop, row width, plowing depth, technical means, justification of a rational technical means, inter-row tillage, improved cultivator, technological process, paw.

ЗМІСТ

| | |
|--|-----------|
| ВСТУП..... | 7 |
| 1. АНАЛІЗ ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА | 8 |
| 1.1. Розташування та напрямок..... | 8 |
| 1.2. Землекористування та структура посівних площ..... | 10 |
| 1.3. Характеристика тваринництва в господарстві..... | 12 |
| 1.4. Склад і використання МТП господарства..... | 13 |
| 1.5. Матеріальна база технічного обслуговування..... | 15 |
| | |
| 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА. ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МАШИННО-ТРАКТОРНИХ АГРЕГАТІВ ПРИ МІЖРЯДНОМУ ОБРОБІТКУ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ..... | 18 |
| | |
| 3. КОНСТРУКТИВНА РОЗРОБКА. УДОСКОНАЛЕННЯ СЕКЦІЇ РОБОЧИХ ОРГАНІВ КУЛЬТИВАТОРА УСМК-5,4Б..... | 39 |
| | |
| ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ..... | 49 |
| | |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ..... | 50 |
| | |
| ДОДАТКИ..... | 54 |

ВСТУП

Вдосконалення та радикальне покращення матеріально-технічного оснащення аграрних підприємств сприяє забезпеченню народного господарства сировинною базою для переробних підприємств та харчовими продуктами для населення. Інтенсивний розвиток сільського господарства, широке використання новітніх, більш ефективних технологій базується насамперед на всебічному розвитку комплексної механізації та автоматизації виробничих процесів, впровадження наукових досягнень і передового досвіду у виробництво.

Сучасні машини, призначені для механізації виробництва, агрегатуються з потужними енергонасиченими тракторами. В існуючих технологіях вирощування основних сільськогосподарських культур, так само як і у випадку з машинами, що використовуються при цьому, існує ряд істотних недоліків, які не дозволяють повною мірою забезпечити ефективність виробництва, що в свою чергу зумовлює необхідність впровадження нових технологій. Важливе місце в системі цих засобів відводиться машинам для виробництва цукрових буряків - ключовій складовій будь-якої технології вирощування цієї культури.

Метою даного проекту є розробка експлуатаційного забезпечення прогресивної технології вирощування цукрових буряків з урахуванням ресурсозбереження та максимального використання технічного потенціалу машинно-тракторного парку господарства.

Зважаючи на ці обставини, важливим напрямом сучасного сільськогосподарського виробництва є вдосконалення технології підготовки ґрунту під посів. Це дозволяє не тільки підвищити врожайність і знизити втрати, але й забезпечити стійкість та розвиток аграрного сектору України в умовах глобальних змін.

1. АНАЛІЗ ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА



1.1. Розташування та напрямок.



Сумська державна сільськогосподарська дослідна станція була однією з найстаріших сільськогосподарських науково-дослідних установ України. Вона була організована в 1905 році при Сумському

сільськогосподарському училищі і на той час мала дослідне поле 8 десятин (рішення Харківського губернського земства від 3 жовтня 1904 року).

З 1910 по 1930 рр. проводились систематичні дослідження по удосконаленню окремих елементів технології вирощування с.-г. культур, розробці і впровадженню в практику сільського господарства найбільш досконалих прийомів використання усіх видів добрив. Для ведення досліджень вона мала 65 га землі

В 1930 році станція була реорганізована в опорний пункт Українського науково-дослідного інституту зернового господарства, а в березні 1934 року знову відновила свою діяльність як дослідна станція і була підпорядкована Всесоюзному науково-дослідному інституту добрив, агротехніки і ґрунтознавства. Площа земельних угідь була збільшена до 524 га.



Докорінні зміни в змісті і направленні роботи станції відбулися в 1956 році, коли вона була реорганізована в державну комплексну с.г. дослідну станцію.

Згідно постанови Президії Української академії аграрних наук від 19 вересня 2001 р. (протокол № 18) і наказу Президента Української академії аграрних наук від 5 жовтня 2001 року № 87 Сумська державна сільськогосподарська дослідна станція була реорганізована в Сумський інститут агропромислового виробництва.

Згідно програми реформування (Розпорядження Кабінету Міністрів України від 6 квітня 2011 р. № 279-р) Сумський інститут агропромислового виробництва в листопаді 2011 році був реформований в Інститут сільського господарства Північного Сходу Національно академії аграрних наук України (надалі Інститут с.г. Північного Сходу НААН), до складу якого ввійшли: Дослідна станція лікарських рослин (с. Березоточа Лубенського району Полтавської області), Дослідна станція луб'яних культур (м. Глухів Сумської області), Державне підприємство «Дослідне господарство Інституту сільського господарства Північного Сходу НААН» (с. Сад Сумського району Сумської області).

Інститут сільського господарство Північного Сходу НААН знаходиться в селі Сад та Ясени, Сумського району, Сумської області на відстані 5 км від обласного центру – м. Суми.

Директор Інституту сільського господарства Північного сходу НААНУ - Кабанець Віктор Михайлович; кандидат сільськогосподарських наук, доцент (телефон: (0542) 695-002).

Адреса: 42343, Україна, Сумська область, Сумський район, с. Сад, вул. Зелена, 1. Телефони: тел.: (0542) 695-002, факс: (0542) 652-405. E-mail: agronauka@gmail.com

Даний регіон – північна частина Лівобережного Українського Лісостепу, який в цілому характеризується помірним кліматом, з досить теплим літом, кількість опадів – 580 – 590 мм в середньому за рік, рельєф легко перелісний. Що стосується ґрунтів, то переважна їх більшість – чорноземи типові мало гумусові (середній вміст гумусу 42%), та високої родючості. Середній бал природної родючості складає 72 – 75 одиниць.

Інститут с.г. Північного Сходу НААН спеціалізується на вирощуванні зернових та технічних культур, зерно яких доводиться до кондиції і реалізується іншим господарствам для посіву. ДП ДГ Інституту зосереджує роботу по значному підвищенню рівня розвитку тваринницької галузі. На сьогодні питома вага тваринництва в структурі виробництва господарства сягає 70%. Враховуючи незначні площі землекористування, коли кормові культури займають більше половини ріллі, першочерговим є інвестування в розвиток тваринництва власних ресурсів і співпраця з іншими підприємствами по обслуговуванню галузі рослинництва.

1.2. Землекористування та структура посівних площ.

Земля в Інститут сільського господарство Північного Сходу НААН використовується досить інтенсивно про що свідчать високі врожаї основних сільськогосподарських культур, висока продуктивність тваринництва. Успішне впровадження інтенсивних технологій зернових, технічних та олійних культур примушують керівництво формувати оптимальну структуру посівних площ та раціонально використовувати кожний гектар землі.

В підрозділах господарства встановлюються виробничі завдання по виходу продукції, розміри трудових, матеріальних витрат. В практичній роботі керівники підрозділів керують виробничою діяльністю колективів. Бригадири відповідають за своєчасне і точне виконання робіт, забезпечують раціональну організацію праці механізаторів та працівників, дотримання правил

внутрішнього розпорядку трудової та технологічної дисципліни, правильного ведення первинного обліку і звітності.

Структура земельних ресурсів Інститут сільського господарство Північного Сходу НААН представлена в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Структура земельних площ

| Найменування та вид використання землі | Площа, га |
|---|-----------|
| Загальна площа | 3498,1 |
| Сільськогосподарські угіддя, в тому числі | |
| - рілля | 3010 |
| - пасовища, сіножаті | 380 |
| Ставки і водоймища | 77 |
| Площа лісу (лісопосадки) | 10,2 |
| Забудовані землі | |
| - під житловою забудовою | 18,9 |
| - землі громадського призначення | 1,1 |
| - землі, які використовуються для транспорту та зв'язку | 0,9 |

Структуру посівних площ і врожайність с. -г культур за останні роки приведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2

Структура посівних площ і врожайність основних с. -г культур

| Культура | 2023 рік | Врожайність |
|--------------------------------------|----------|-------------|
| Зернові та зернобобові культури | 1 405,84 | |
| - пшениця озима | 569,40 | 43,68 |
| - жито озиме | 90,00 | 31,74 |
| - пшениця яра | 23,06 | 19,38 |
| - ячмінь ярий | 220,76 | 28,64 |
| - овес | 61,10 | 12,57 |
| - кукурудза на зерно | 134,18 | 57,96 |
| - просо | 3,00 | 29,17 |
| - гречка | 186,38 | 10,05 |
| - горох | 11,36 | 31,14 |
| - люпин на зерно кормовий (солодкий) | 106,60 | 10,81 |
| | | |
| Технічні культури | 1 227,74 | |
| - льон-довгунець-насіння | 57,00 | 5,00 |
| - льон-довгунець-соломка | 30,00 | 26,22 |
| - льон-довгунець-волокно | 30,00 | 4,98 |
| - коноплі-насіння | 145,00 | 4,75 |

| | | |
|---------------------|--------|--------|
| - коноплі-соломка | 145,00 | 0,00 |
| - коноплі-волокно | 145,00 | 0,00 |
| - соняшник на зерно | 387,18 | 17,52 |
| - соя | 202,20 | 11,31 |
| - буряк | 17,26 | 40 тон |
| - ріпак озимий | 18,20 | 11,90 |

Найбільшу питому вагу в структурі посівних площ займає озима пшениця (569,40 га). Слід відмітити, господарство вирощує не тільки зернові а і інші (овочево-баштанні, картоплю, кормові) культури. Показники врожайності для 2015 року отримані достатньо високі для не дуже сприятливого клімату, особливо пшениця і цукровий буряк, кормові і силосні культури, кукурудза.

1.3. Характеристика тваринництва в господарстві.

Основою для планування і організації робіт у відділах є технологічні карти виробництва сільськогосподарських культур та кормів. Інститут сільського господарство Північного Сходу НААН згідно ґрунтово – кліматичних умов має зерновий напрямок з розвиненим тваринництвом. В господарстві є молочно – тваринний комплекс і одна ферма по вирощуванню свиней. На фермах всі технологічні процеси механізовані і автоматизовані. Корма тваринам роздають в основному за допомогою кормороздавача мобільного, універсального.

Структура машини для механізації виробничих процесів в тваринництві наведена в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6

Обладнання для виробничих процесів в тваринництві

| Назва обладнання | Марка машини | Кількість, шт. |
|-----------------------------|--------------|----------------|
| Автонапувалка | АП – 1 | 305 |
| Напувалка групова | АГК – 12 | 150 |
| Соломосилосорізка | РСС – 6Б | 6 |
| Подрібнювач грубих кормів | ИГК – 3ОБ | 4 |
| Змішувач | СМ – 1,7 | 5 |
| Транспортер розкидач кормів | ТВК – 80А | 8 |
| Кормороздавач | КТУ – 10А | 12 |
| Транспортер гною | ТСН – 160 | 6 |

Наявність даного обладнання, що застосовується в технологічних процесах тваринництва, дозволяє в повній мірі виконувати поставлені задачі.

1.4. Склад і використання МТП господарства

Виробнича діяльність Інститут сільського господарство Північного Сходу НААН повністю забезпечена мобільними енергетичними засобами:

- тракторами та автомобілями;
- сільськогосподарськими машинами і машинами для механізації робіт в тваринництві;
- стаціонарними енергетичними засобами (двигуном внутрішнього згорання і електродвигунами).

Структура машино – тракторного парку приведена в таблиці 1.7; сільськогосподарські машини для рослинництва в таблиці 1.8; наявність автомашин приведена в таблиці 1.9.

Таблиця 1.7

| Склад тракторного парку | | | |
|-------------------------|---------------------------|----------------|-----------------------------------|
| Марка тракторів | Ефективна потужність, кВт | Кількість, шт. | Сумарна ефективна потужність, кВт |
| Колісні: | | | |
| Т – 150К(ХТЗ-17121) | 165 | 3 | 495 |
| МТЗ – 80/82 | 75 | 10 | 750 |
| МТЗ – 1025 | 77 | 1 | 77 |
| МТЗ – 892 | 66 | 1 | 66 |
| КІЙ – 14102 | 60 | 4 | 240 |
| ЮМЗ – 6АЛ | 60 | 4 | 240 |
| Т – 25М | 25 | 4 | 100 |
| Т – 16 | 25 | 1 | 25 |
| Гусеничні: | | | |
| Т – 150 | 150 | 1 | 150 |
| ДТ – 75М | 75 | 1 | 75 |
| Всього | 778 | 30 | 1908 |

Таким чином, господарство в цілому в достатній мірі забезпечене тракторами різного тягового класу і типу. Це дозволяє виконувати комплектування всіх необхідних МТА.

Таблиця 1.8

Наявність комбайнів, сільськогосподарських машин в
Інститут сільського господарство Північного Сходу НААН

| Назва | Марка | Кількість |
|------------------------------|-------------------------|-----------|
| 1 | 2 | 3 |
| Зернозбиральні комбайни | Volvo-1110 (2,0 m) | 1 |
| | John Deere (2,6 m) | 1 |
| | Massey Ferguson (3,1) | 1 |
| | «Полесьє-1218» | 1 |
| | ДОН – 1500Б | 1 |
| Кормозбиральні комбайни | Ягуар KClass | 2 |
| Бурякозбиральні комбайни | РКМ – 6 | 1 |
| Плуги | ПЛН – 5 – 35, ПО-5-35 | 5 (3) |
| Борони | БЗСС – 1,0 (БЗТС – 1,0) | 5 (10) |
| | АГ -1,5 (АГ -2,4) | 1 (1) |
| Культиватори | КРН – 5,6 | 2 |
| | КПС – 4 | 3 |
| | УСМК – 5,4 Б | 1 |
| | КН– 3,8 | 1 |
| Розкидачі мінеральних добрив | 1 РМГ – 4 | 4 |
| | РУМ – 8 | 1 |
| | ПРТ – 10 | 3 |
| Підживлювачі – оприскувачі | ОПВ – 2000 | 1 |
| | ОПШ – 300 | 1 |
| Сівалки | СЗ – 3,6 | 5 |
| | СЗ – 5,4 | 1 |
| | СЗТ – 5,4 | 1 |
| | СПУ – 6Л | 1 |
| | СКЛ – 3,6 М | 1 |
| | СО - 4,2 | 1 |
| | СУПН – 8 | 5 |
| | ССТ – 12Б | 2 |
| | СС – 16 | 2 |
| Жатки | ЖВН – 6 | 1 |
| | ЖВН – 4,2 | 1 |
| Косарки | КС – 2,1 | 3 |
| Прес – підбирач | ПРТ – 1,6 | 3 |
| Причепи тракторні | 2ПТС – 4 | 8 |
| | 2ПТС – 4 – 88А | 10 |
| | ПІМ – 40 | 1 |
| | ТСП-16 | 1 |

Таким чином, з таблиці 1.8. видно, що для ефективної і безперервної роботи господарство забезпечено усією необхідною технікою і обладнанням, що допомагає збирати продукцію відповідно до запланованих агротехнічних строків.

Наявність автомашин в Інститут сільського господарство
Північного Сходу НААН

| Марка автомашин | Потужність двигуна, кВт | Кількість автомашин, шт. | Сумарна потужність в кВт |
|------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
| ГАЗ – САЗ – 53Б | 115 | 5 | 575 |
| ЗИЛ – 130 | 150 | 1 | 150 |
| КаМАЗ – 5410 | 210 | 1 | 210 |
| Бензовоз АЦ – 3,3 – 53 | 115 | 1 | 115 |
| ГАЗ 3302 ГАЗель | 90 | 1 | 90 |
| ГАЗ – 53А | 80 | 2 | 160 |
| Москвич – 2715 | 55 | 1 | 55 |
| Shoda OKTAVIA | 90 | 1 | 90 |
| Всього | 905 | 13 | 1445 |

Таким чином господарство в цілому в досконалій мірі забезпечене: автомобілями, обладнанням для механізації виробничих процесів в тваринництві та сільськогосподарськими машинами. Це дозволяє виконувати комплектування всіх необхідних МТА.

1.5. Матеріальна база технічного обслуговування.

Для механічного обслуговування, поточного або аварійного ремонтів, до збирання, регулювання і зберігання сільськогосподарських машин функціонує ремонтна майстерня, що складається зі спеціально обладнаної території, капітальних та тимчасових будівель, необхідного обладнання, пристроїв, інструменту і т.д.

Виробнича база для механічного обслуговування і ремонту сільськогосподарської техніки в Інститут сільського господарство Північного Сходу НААН розділені на наступні сектори.

Сектор механічного обслуговування і ремонту включає: вода від водонапірних башт; майданчики з твердим покриттям для регулювання сільськогосподарських машин; склади для зберігання запасних частин і матеріалів; центральна ремонтна майстерня. Пости мийки, майданчики для регулювання сільськогосподарських машин, склади для зберігання запасних

частин і матеріалів, обладнані на кожному з двох відділень. Центральна ремонтна майстерня розміщена на території інженерного комплексу, що включає пожежні депо, гараж, котельню, центральний склад запчастин, вузлів та агрегатів. Центральна ремонтна майстерня має відділення: ковальське, зварювальне, регулювання гідронасосів та гідроприводів, механічне, слюсарне, ремонту електрообладнання.

Кваліфікація працівників майстерні дозволяє проводити поточні ремонти сучасних сільськогосподарських машин та тракторів.

Перелік основного обладнання центральної ремонтної майстерні приведено в табл. 1.10.

Таблиця 1.10

Перелік основного обладнання ЦРМ

| Назва обладнання | Марка | Кількість |
|--|--------------|-----------|
| Токарно – гвинторізний верстат | 1А625; ІК 62 | 2 |
| Фрезерний верстат | 6Н81 | 1 |
| Свердлильний верстат | 2Н118 | 1 |
| Настільно – свердлильний верстат | НС – 12А | 1 |
| Шліфувальний верстат | ЗБ – 63А | 1 |
| Прес гідравлічний | 2469 | 1 |
| Верстат для шліфування колінчастих валів | ЗК833 | 1 |
| Хонінгувальний верстат | 38423 | 1 |
| Стенд випробовування форсунок | КИ22203М | 1 |
| Стенд випробовування масляних насосів | КИ – 4815 | 1 |
| Стенд випробовування дизельної апаратури | СДТА – ІМ | 1 |
| Електрозварювальний апарат | ПСД – 300М | 1 |
| Компресорна установка | М – 155 – 2 | 1 |
| Установка для миття | ОРГ – 4950 | 1 |

Таким чином з цієї таблиці видно що обладнання центральної ремонтної майстерні цілком задовольняє потреби господарства.

На машинних дворах кожного з трьох відділків є навіс для зберігання складної сільськогосподарської техніки, асфальтовані майданчики для зберігання ґрунтообробної техніки, сівалок, машин для догляду за рослинами,

косарок та іншої техніки. На цих же майданчиках проводяться роботи з приймання, збирання, обкатки та роботи по попередньому регулюванню нових машин, закуплених, а також ремонти і технічне обслуговування сільськогосподарської техніки окрім тракторів.

Для проведення окремих ремонтів є мінімальний запас запчастин на складі відділків, відділення збирання та кузня.

Окрім цього на машинних дворах відділків є майданчики для технічного регулювання ґрунтообробних машин, сівалок та культиваторів з пристроями для установки робочих органів, установки глибини їх ходу та інших регулювань. Для зберігання паливних і мастильних матеріалів кожне відділення має своє нафтогосподарство, розміщене на території машинного двору. Склад нафтопродуктів включає цистерни різних ємностей, заправні пости. Заправка тракторів проводиться закритим способом, за допомогою заправних колонок КЭР – 40. Для заправки тракторів в польових умовах використовується пересувний паливозаправний агрегат МЗ – 3904 шасі автомобілів ГАЗ-53–01. Доставка нафтопродуктів в господарстві здійснюється централізовано автоцистернами.

Таким чином наглядно видно, що господарство в цілому в достатній мірі енергоозброєне по двигунах всіх модифікацій.

2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МАШИННО-ТРАКТОРНИХ АГРЕГАТІВ ПРИ МІЖРЯДНОМУ ОБРОБІТКУ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ

2.1. Технологічні відмінності у вирощуванні цукрових буряків в Україні та передових країнах світу.

Проаналізуємо технологічні відмінності у вирощуванні цукрових буряків в Україні та одній з найбільш розвинених країн - США. Технологія вирощування цукрових буряків у Сполучених Штатах Америки значно варіюється, в першу чергу, в залежності від географічних та кліматичних умов. В Україні ці відмінності менш помітні.

З огляду на те, що методи вирощування буряків у Вінницькій області, де достатньо опадів, відрізняються від методів, які застосовуються в Херсонській області за умов штучного зрошення, в загальному, методика та технологія не так сильно відрізняються, порівняно з тими районами США, де вирощуються буряки [9]. Для порівняння було обрано умови та технологію району Північна Дакота - Міннесота, що найбільше відповідають умовам України.

2.1.1. Сівозміна. Методика проведення сівозмін в порівнюваних регіонах відрізняється одна від одної, з огляду на вирощування різних культур, а також те, що в США сівозміна може суттєво відрізнятися від господарства до господарства.

Дані, отримані з району Північна Дакота - Міннесота, вказують на те, що цукрові буряки дають найвищий урожай, якщо в сівозміні їм передують пшениця або ячмінь. Урожаї також досить високі, якщо висівати цукрові буряки після кукурудзи й картоплі або на землі, що була під паром. Культури, які залишають в ґрунті високий вміст азоту, часто призводять до

зменшення урожаю буряків. Тому фермери намагаються уникати висівання буряків безпосередньо після сої та інших бобових.

Це відповідає загальноприйнятій в Україні практиці сівозміни. Наприклад, п'ятирічна сівозміна може мати такий вигляд:

Рік 1 - кукурудза;

Рік 2 - ячмінь + багаторічні трави;

Рік 3 - багаторічні трави;

Рік 4 - озима пшениця;

Рік 5 - цукрові буряки.

При розробці сівозміни важливо враховувати велику кількість факторів, наприклад:

- 1. Вплив залишків гербіцидів на культури, які планується вирощувати.*
- 2. Планування періоду сівби та збирання врожаю.*
- 3. Залишкова родючість.*
- 4. Захворювання рослин.*
- 5. Шкідливі комахи.*
- 6. Економічні фактори.*
- 7. Наявне в господарстві обладнання.*
- 8. Клімат.*
- 9. Ґрунти (тип та якість).*

Не існує універсальної сівозміни, що підходить всім господарствам. Сівозміна повинна розроблятися з урахуванням як агрономічних, так і економічних критеріїв конкретного господарства чи виду діяльності.

2.1.2. Застосування добрив. Якість цукрових буряків містить два аспекти: вміст цукрози в коренеплодах та рівень домішок. Ці два аспекти впливають на здатність переробника отримати з буряка цукрозу. Виробництво високоякісних буряків є критично важливим для господарств, які отримують плату в залежності від вмісту в буряках цукрози.

Азотні добрива, як правило, збільшують урожайність коренеплодів та загальну кількість цукру, але одночасно підвищують вміст домішок,

знижують процент цукрози в буряках. Необхідно регулярно отримувати дані про стан ґрунту для контролю оптимального вмісту в ньому азоту. Надмірне використання азотних добрив веде до зниження якості цукрових буряків.

В університеті штату Північна Дакота було розроблено деякі принципи застосування азотних добрив. Вміст азоту в ґрунті у верхньому шарі глибиною п'ять сантиметрів від поверхні повинен становити 90-100 кілограмів на гектар для того, щоб максимально покращити ріст, якість та врожайність ранніх культур. При цьому вміст залишкового азоту на глибині понад п'ять сантиметрів значення не має. На поля, де вміст залишкового азоту на глибині понад п'ять сантиметрів становить менше 35 кілограмів, може бути необхідним внесення додаткових азотних добрив для підвищення кількості отриманого цукру в розрахунку на один гектар.

В Північній Дакоті в середньому за рік з органічних компонентів ґрунту мінералізується майже 70 кілограмів азоту на гектар. Нижче наведено рекомендації університету штату Північна Дакота, щодо застосування азотних, фосфатних та калійних добрив на основі: результатів аналізу ґрунту. При плануванні виробництва цукрових буряків важливо ставити перед собою реальні цілі щодо врожаю. В Україні для покриття всіх витрат на вирощування цукрових буряків їхня урожайність має бути 350 центнерів з гектара. Більшість американських фермерів використовують вапно, якщо аналіз ґрунту вказує на необхідність його застосування. В Україні загалом на кожен центнер зібраного врожаю цукрових буряків необхідно, один кілограм комплексного добрива (його склад 1-1,2-0,8 або 33,3 %-40,0 %-26,7 %). Відповідно, врожай у 360 ц потребує 360 кг добрива зазначеного складу, або 120 кг азоту, 144 кг оксиду фосфору та 96 кг оксиду калію (тобто це виражається як $120 + 144 + 96 = 360$). Дану кількість добрив необхідно розділити на частини: для внесення під час сівби та для подальшого використання. Рекомендовані об'єми добрив мають середнє значення і не базуються на жодних реальних аналізах ґрунту. Такі високі вимоги, порівняно з американськими рекомендаціями, можуть свідчити про те, що

процедура та/або час внесення добрив можуть бути удосконалені, а їхня кількість - зменшена. Через нинішні економічні труднощі, в Україні при вирощуванні цукрових буряків використовується значно менше добрив. Аналіз ґрунту, рекомендований університетом Північної Дакоти, може допомогти у підвищенні врожаю та вмісту цукрози в буряках і зменшенні виробничих витрат.

Найкращі господарства Вінницької області протягом останніх років збирають в середньому від 400 до 450 ц коренеплодів з гектара. Вміст цукрози становить 16%. Їхня програма підживлення цукрових буряків передбачає внесення щоразу перед посівом на гектар по 60-80 тонн органічних добрив, а також азоту, фосфору та калію у формі хімічних добрив. Така програма дала дуже хороші результати. За американською технологією, підвищити зміст цукрози можна, вносячи органічні добрива під культуру, що передує бурякам по сівозміні. В даному випадку добрива матимуть час для розкладу і зможуть підживлювати буряки протягом усього періоду вирощування. Додаткове внесення інших хімічних добрив необхідно проводити згідно результатів тестування ґрунту.

Українські виробники протягом тривалого часу не мали фінансової можливості використовувати вапно для підвищення рН ґрунту (для зниження його кислотності), а це впливає на ефективність внесених добрив та врожайність культур.

2.1.3. Ширина міжрядь та густота рослин. Стандартна ширина міжрядь у Північній Дакоті та Міннесоті становить 55 см. Рекомендована густота рослин на час збирання урожаю - від 85 тис. до 90 тис. на один гектар. Стандартна ширина міжрядь в Україні складає 45 см. Більшість керівників господарств бажають, за їхніми словами, досягти 100 тис.-110 тис. рослин на один гектар.

2.1.4. Підготовка ґрунту. Щодо підготовки ґрунту американськими фермерами, складно окреслити типову схему. Фермери застосовують мінімально необхідні заходи, щоб використати залишки попередніх культур

та підготувати ґрунт до нового посіву. Загалом, американські фермери зараз менше орють, віддаючи перевагу розпушуванню та дискуванню. Багато культур вирощують за технологією мінімальної обробки ґрунту або зовсім без оранки. Перед посівом цукрових буряків американські фермери, зазвичай, виконують більше підготовчих робіт, ніж перед посівом кукурудзи, пшениці чи сої. Ось типовий план підготовки ґрунту у дослідному господарстві перед посівом цукрових буряків після вирощування озимої пшениці: 1. Двічі дискують ґрунт після збирання озимої пшениці, щоб загортати солому; 2. Вносять фосфорні та калійні добрива згідно з аналізом ґрунту; 3. Восени проводять глибоке розпушування, коли ґрунт відносно сухий; 4. Навесні, перед посівом, один-два рази проходять культиватором для фінальної підготовки.

Фермер, звичайно, може вирішити зорати поле, щоб заорати солому, але буде прагнути мінімізувати кількість проходів по полю.

В українських господарствах, що вирощують цукрові буряки, зазвичай застосовують таку підготовку:

1. Глибока оранка восени (30-35 см). Бажано у серпні.
2. Боронування навесні (двічі).
3. Коткування поля один-два рази для ущільнення.

Українські виробники цукрових буряків, фактично, проходять по полях частіше, ніж в наведеному вище плані. Обмеження цих проходів під час підготовки ґрунту до посіву важливе з двох причин:

- Зменшуються витрати на паливе та обслуговування техніки.
- Зменшується трамбування ґрунту, що може обмежити ріст коренів та поглинання води.

Другий фактор впливає на зменшення вологи, необхідної рослинам, та може призвести до зневоднення й ерозії ґрунту. Дві зміни в процесі підготовки ґрунту можуть збільшити виробництво цукру в Україні:

- Внесення фосфорних добрив восени.
- Періодична оранка ґрунту на глибину 60-70 см.

2.1.5. Сорти буряків, насіння та сівба. Сорти буряків, що вирощують за кордоном, можуть бути невідповідними для кліматичних умов України. Тому їх розглядати не будемо, лише зауважимо, що є потенційно високоврожайні сорти. Середня врожайність у Північній Дакоті та Міннесоті у 2022 році склала 411 ц/га, а максимальна – 553 ц/га.

У Сполучених Штатах Америки використовують насіння цукрових буряків у необробленій формі та дражоване. Дражоване коштує дорожче, але має переваги, тому багато виробників обирають його.

1. Дражоване насіння з схожістю 90% та вище забезпечує точний висів, уникнення проріджування.

2. Дражування може включати фунгіциди та інсектициди для захисту від фузаріозу, ґрунтових шкідників та шкідників листя на ранніх стадіях розвитку. Фермери в Північній Дакоті та Міннесоті висівають насіння з інтервалом 15 см та використовують близько 1,2 посівних одиниць (100 тис.) насіння на гектар. Очікується, що на момент збирання врожаю буде 85-90 тис. рослин/га. Українські виробники цукрових буряків мають сорти вітчизняного та зарубіжного походження. Найбільш відомі сорти – ORIX та Vladі 6. Існують й інші гарні сорти, тому вибір залежить від випробувань у конкретному господарстві. Якісне насіння, зазвичай, дороге, а ситуацію ускладнює відсутність у багатьох українських господарствах сівалок точного висіву, що дозволило б заощадити на насінні. Зменшення кількості насіння з сівалками точного висіву може компенсувати витрати на дороге насіння.

Українські господарства практикують вузький міжрядний простір та більшу кількість насіння в рядку, збільшуючи кількість рослин на гектар (до 100-110 тис/га). Кількість насіння залежить від схожості та типу сівалки. Є господарства, які використовують півтори-дві посівні одиниці на гектар, використовуючи сівалку точного висіву та насіння відомих фірм (наприклад, „Байер”). Інші використовують шість та більше посівних одиниць низької схожості. В Україні є якісні сорти цукрових буряків та насіння з високою схожістю. Сівалки точного висіву західного виробництва також доступні.

Якісне насіння може значно збільшити середню врожайність буряків. Сівалки точного висіву дозволяють зменшити кількість насіння та практично усунути потребу у проріджуванні, що вимагає ручної праці.

2.1.6. Боротьба з бур'янами. Існує безліч гербіцидів та їх комбінацій, які ефективно борються майже з усіма бур'янами. Проте, гербіциди дорогі, і їх варто використовувати лише за потреби. Представники компаній, як-от Монсанто, Зенека, Байєр, Дюпон та інших, можуть допомогти керівникам господарств та агрономам обрати гербіцид або комбінацію для боротьби з бур'янами. Американські фермери практикують смугове внесення гербіцидів для економії коштів або їх розпилення по всій площі поля. Рішення залежить від видів бур'янів та можливості обробки міжрядь культиватором. Важкий глинистий ґрунт, з міжряддям 45 см, важко культивувати у дощову погоду, тому може бути доцільніше обробляти гербіцидами всю площу. Є гербіциди, які можна вносити після появи сходів буряків для вибіркового знищення бур'янів. Це такі, як Фузілейд (флуазіфоп) для однорічних та багаторічних бур'янів, або Бетамікс (десмедіфам+фенмедіфам) для широколистяних однорічних бур'янів. Ці гербіциди корисні на забур'янених полях, але дешевше використовувати ефективні гербіциди до посіву, щоб поле було чистим від бур'янів.

В Україні є широкий вибір гербіцидів, але більшість господарств їх не використовує через фінансові труднощі. Альтернативою є ручне видалення бур'янів. Це може бути доцільним за теперішніх умов, але забезпечує лише короткотермінове вирішення. Виривання бур'янів вручну не забезпечує такого рівня чистоти, як застосування гербіциду, і, до того ж, може шкодити бурякам. Проте, в тій чи іншій формі, боротьба з бур'янами необхідна для отримання високого врожаю цукрових буряків або інших культур.

2.1.7. Боротьба зі шкідниками. Найбільша морока для фермерів, що вирощують цукрові буряки в Північній Дакоті та Міннесоті, – це личинка-коренеїд. Ця біда неабияка, тому було розроблено конкретну стратегію, аби її

здолати. Перед тим, як насіння проросте, фермери вносять гранульовані інсектициди (такі як фонофос та алдікарб) поверх насіння, на глибину 1-2 см.

Інша напасть у Північній Дакоті та Міннесоті – дротяник. Метод боротьби з ним подібний до описаного вище.

Гусінь метелика лугового теж іноді створює проблеми. Вона їсть молоде листя цукрових буряків, лишаючи після себе щось на зразок павутини. Щоб знищити цього шкідника, використовують карбарил та ендосульфат. В Україні наразі серйозних проблем з комахами-шкідниками не спостерігається. На деяких полях може з'явитися дротяник. Обробка насіння Фураданом (карбофураном), на думку господарників, дає достатній захист від усіх шкідників. Українська практика сівозміни також корисна в розрізі боротьби зі шкідниками.

2.2. Вибір технічних засобів для технологічних процесів.

У сфері машиновикористання можна виділити три ключові групи незалежних первинних критеріїв оцінювання технологічних систем:

- корисність технологічних систем, що визначається низкою показників їх функціонального призначення та надійності.
- плата за корисність, що описується множиною показників витрат ресурсів протягом всього життєвого циклу систем.
- безпечність функціонування систем стосовно людини та довкілля.

Кожна з цих груп має свій набір показників, які ми розглянемо у загальному вигляді.

Корисність є мірою відповідності системи її функціональному призначенню стосовно потреб виробництва або окремих споживачів. Для ТхС землеробства корисність пов'язана з обсягом виконаних робіт Ω , їх якістю Δ , тривалістю T та своєчасністю. Своєю чергою, обсяг виконаних робіт залежить від продуктивності системи та її здатності адаптуватися до змінних умов та вимог. Параметрами якості робіт є переважно агротехнічні

вимоги (норма внесення, глибина загортання, рівномірність розподілу тощо), а також допуски на відхилення від заданих параметрів.

Сукупні витрати ресурсів на створення, використання та ліквідацію систем можуть бути виражені в натуральних G , грошових C та енергетичних E одиницях. При встановленні цілей витрати переважно виражають на одиницю виконаної роботи (питомі витрати - g_i , c_i , e_{ei}). Зокрема, сукупну енергоємність технологічної операції можна визначити за формулою знаючи:

- сукупна енергоємність i -тої технологічної операції, МДж/га;
- енергетичні еквіваленти, відповідно, палива та технологічних матеріалів, МДж/кг;
- норма витрати палива та матеріалів, кг/га;
- енергетичні еквіваленти години роботи трактора, машин та обладнання r -того типу, МДж/кг.од.;
- маса трактора, машин та обладнання r -того типу, кг;
- енергетичний еквівалент години праці виробничого персоналу 1-тої категорії, МДж/год.;
- кількість працівників 1-тої категорії;
- годинний темп робіт (продуктивність) на операції, га/год.

В екологічному аспекті показники шкідливих наслідків можуть бути виражені в натуральних або енергетичних одиницях.

Похідними від перелічених факторів будуть показники економічної та економіко-екологічної ефективності, а також показники типу коефіцієнта корисної дії. Для порівняльної оцінки будь-якого показника та встановлення цілей зручно застосовувати показники рівня P , які характеризуються відношенням фактичного та бажаного (планового, нормативного) значень.

Таким чином, критеріями при прийнятті проектних рішень можуть бути: продуктивність системи, узагальнений показник якості, ресурсомісткість операції, узагальнений показник шкідливих наслідків операції. Інколи, замість ресурсомісткості як критерій можуть виступати прямі або приведені грошові витрати, які корелюють з ресурсомісткістю.

Задача вибору раціональних МТА є багатоваріантною та багатокритеріальною. Область можливих альтернативних варіантів обмежується наявними у господарстві технічними засобами, характеристиками полів, агротехнічними та екологічними вимогами (наприклад, тиском ходових систем на ґрунт).

В загальному алгоритмі обґрунтування раціональних технічних засобів для проведення технологічних операцій та процесів доцільно виділити дві процедури: формування вихідної множини альтернатив (ВМА) та остаточний вибір технічних засобів. Формування ВМА в умовах багатокритеріальності будемо здійснювати через накладання відношення домінування при попарному порівнянні можливих варіантів за кожним з обраних критеріїв. Процедура полягає у відборі варіантів, що домінують над іншими, або над якими немає домінування. При цьому будемо використовувати метод Парето, відповідно до якого варіант А домінує над Б (А Б), якщо значення його критеріїв є кращими або еквівалентними у порівнянні з відповідними критеріями, або хоча б за одним критерієм варіант А має строгу перевагу над Б, тобто . Застосування методу Парето дозволяє суттєво звужити множину варіантів для остаточного порівняння та вибору. Процедура остаточного багатокритеріального вибору базується на різних методах: побудови інтегрального критерію, методу відстані до цілі, лексикографічного методу та ін. У випадку рівнозначності критеріїв доречно використовувати метод відстані до цілі. Суть методу полягає в обґрунтуванні ідеального варіанту та оцінці міри наближення до нього кожного з розглянутих варіантів ВМА. Ідеальний варіант описує систему, в якій кожен критерій досягає свого найкращого можливого значення. Такі значення можна обґрунтувати теоретично або ж обрати на основі нормативів, що відповідатиме найкращому для конкретної множини ВМА значенню. Це робиться задля усунення масштабного фактору в числових значеннях критеріїв.

Як впливає з наведеного аналізу багатовимірної оцінки технологічних процесів, реалізація цих методів потребує достатньо потужного

інформаційно-програмного забезпечення, що, у свою чергу, може бути реалізоване у складі програмних продуктів автоматизованих робочих місць (АРМ) інженерів аграрного сектору.

2.3. Розробка операційної технології для міжрядного обробітку цукрових буряків з одночасним внесенням розчину гербіциду.

2.3.1. Вихідні дані для складання технології.

Умови роботи агрегату:

- розміри поля (довжина x ширина) – 500x00 м;
- площа поля - $F = 15$ га;
- ухил поля - $i=2\%$;
- конфігурація поля - проста прямокутна форма;
- норма внесення розчину гербіцидів - $N = 200$ л/га;
- відстань транспортування розчину - $l_v = 2$ км.

Дані для розрахунку основного агрегату:

- марка трактора - ЮМЗ-6Л;
- марка сільськогосподарської машини - УСМК-5,4Б;
- технологічно допустима швидкість руху – $V=7-9$ км/год;
- питомий опір культиватора - $K = 2$ кН/м²;
- ширина захвату конструктивна - $l_3 = 5,4$ м;
- вага культиватора - $G = 19,5$ кН;
- машина для внесення добрив - ПОМ-630-1;
- місткість резервуару для розчину - 630 л;
- вага обприскувача експлуатаційна - $G = 12,3$ кН;
- витрати потужності на привід насоса - 4 кВт.

2.3.2. Обґрунтування режимів функціонування основного агрегату.

Згідно з технологічно прийнятною швидкістю пересування агрегату, визначаємо, що основними робочими можуть вважатися 1-ша та 2-га передачі, для яких показники тягової характеристики демонструють наступне:

- робоча швидкість руху: $V_{p1} = 6,2$ км/год., $V_{p2} = 7,6$ км/год.;
- тягове зусилля: $R_{kp1} = 15,4$ кН, $R_{kp2} = 12,8$ кН;
- швидкість холостого ходу: $V_{x1} = 9,5$ км/год., $V_{x2} = 11,8$ км/год.

Тяговий опір агрегату:

$$R_M = K \cdot B_k + G_a \cdot \frac{i}{100}, \quad (2.4)$$

де B_k - конструктивна ширина захвату, $B_k = 5,4$ м;

G_a - вага машин, які входять в агрегат, $G_a = 19,5 + 24,5 = 34,0$ кН;

i - схил поля, $i = 2\%$.

$$R_M = 2,0 \cdot 5,4 + 34,0 \cdot \frac{2,0}{100,0} = 11,48 \text{ кН}.$$

Додатковий опір, спричинений коченням трактора через збільшення маси внаслідок приєднання обприскувача ПОМ-630-1, становитиме:

$$R_{mp} = G_a \cdot f,$$

де f - коефіцієнт опору кочення трактора, $f = 0,05$;

G_a - вага обприскувача, кН

$$R_{mp} = 24,5 \cdot 0,05 = 1,2 \text{ кН}.$$

Приведений опір агрегату:

$$R_{np} = \frac{0,159 \cdot N_{\text{ввн}} \cdot i_{mp} \cdot \eta_{\text{ввн}}}{r_k \cdot n_n \cdot \eta_{mp}},$$

де $N_{\text{ввн}}$ - потужність на валу відбору потужності, $N_{\text{ввн}} = 4,0$ кВт;

i_{mp} - передаточне число трансмісії трактора, $i_{mp1} = 62$, $i_{mp2} = 52,3$;

$\eta_{\text{ввн}}$, η_{mp} - коефіцієнт корисної дії, відповідно, передачі через вал відбору потужності і трансмісію трактора, $\eta_{\text{ввн}} = 0,95$, $\eta_{mp} = 0,9$;

n_n - номінальна частота обертання колінвала двигуна трактора, $n_n = 29,2$ об/с;

r_k - радіус кочення колеса, м:

$$r_k = r_o + k_m \cdot h_m, \quad (2.7)$$

де r_0 - радіус обода ведучого колеса, $r_0 = 0,483$ м;

k_m - коефіцієнт осідання машини, $k = 0,8$;

h_m - висота профілю шин ведучого колеса, $h_m = 0,305$ м.

$$r_k = 0,483 + 0,8 \cdot 0,305 = 0,727 \text{ м},$$

$$R_{np1} = \frac{0,159 \cdot 4,0 \cdot 62,0 \cdot 0,95}{0,727 \cdot 29,2 \cdot 0,9} = 1,96 \text{ кН},$$

$$R_{np1} = \frac{0,159 \cdot 4,0 \cdot 52,3 \cdot 0,95}{0,727 \cdot 29,2 \cdot 0,9} = 1,65 \text{ кН}.$$

Повний опір агрегату:

$$R_{az} = R_m + R_{mp} + R_{np}, \quad (2.8)$$

$$R_{az1} = 11,48 + 1,2 + 1,96 = 14,64 \text{ кН},$$

$$R_{az1} = 11,48 + 1,2 + 1,65 = 14,33 \text{ кН}.$$

Коефіцієнт використання тягової сили:

$$\eta_T = \frac{R_{az}}{P_{кр} - G \cdot \frac{i}{100}}, \quad (2.9)$$

де G - вага трактора, $G = 33,3$ кН;

$$\eta_{T1} = \frac{14,64}{12,8 - 33,3 \cdot \frac{2,0}{100,0}} = 0,99,$$

$$\eta_{T1} = \frac{14,33}{12,8 - 33,3 \cdot \frac{2,0}{100,0}} = 1,20.$$

Отже, за головну робочу передачу визначаємо 1.

Коефіцієнт використання тягової потужності:

$$\eta_N = \frac{R_{az} \cdot V_p}{3,6 \cdot N_{тр.н}}, \quad (2.10)$$

де $N_{тр.н}$ - номінальна тягова потужність трактора, $N_{тр.н} = 26,5$ кВт;

$$\eta_N = \frac{14,64 \cdot 6,2}{3,6 \cdot 26,5} = 0,95.$$

Коефіцієнт корисної дії силового агрегату: [10]

$$\eta_{\text{ов}} = \frac{R_{\text{ac}} \cdot V_p}{3,6 \cdot N_{\text{ен}}}, \quad (2.11)$$

де $N_{\text{ен}}$ - номінальна потужність двигуна, $N_{\text{ен}} = 44,2$ кВт;

$$\eta_{\text{ов}} = \frac{14,64 \cdot 6,2}{3,6 \cdot 44,2} = 0,57.$$

2.3.3. Пояснення режимів роботи допоміжного агрегату. Для транспортування застосовуємо агрегати трактор +ЗЖВ-1,8. Перевіряємо, чи забезпечує трансмісія необхідне тягове зусилля для подолання опору агрегату при старті.

Трактор здатен почати рух з місця за наступної умови: [10]

$$P_{\text{кр}} \geq G_{\text{нр}} \cdot \left(f_{\text{нр}} \cdot a_{\text{нр}} + \frac{i}{100} \right) + G \cdot \left[f \cdot (a_{\text{мп}} - 1) + \frac{i}{100} \right],$$

де $G_{\text{нр}}$ - вага завантаженого заправника;

$$G_{\text{нр}} = G_x + V \cdot \gamma \cdot \lambda \cdot 10^{-2}, \quad (2.13)$$

де G_x - вага не завантаженої машини, $G_x = 6,7$ кН;

V - об'єм місткості машини, $V = 1,8$ м³;

γ - густина розчину, $\gamma = 1000$ кг/м³;

λ - коефіцієнт використання об'єму, $\lambda = 1,0$;

$$G_{\text{нр}} = 6,7 + 1,8 \cdot 1000 \cdot 0 \cdot 1,0 \cdot 10^{-2} = 24,5 \text{ кН},$$

$f_{\text{нр}}, f$ - коефіцієнти опору кочення відповідно для заправника та трактора,

$$f_{\text{нр}} = f = 0,05;$$

$a_{\text{нр}}, a_{\text{мп}}$ - Коефіцієнт збільшення опору кочення під час старту, що стосується заправника та трактора.

G - вага трактора, $G = 26,3$ кН.

$$P_{\text{кр}} \geq 22,9 \cdot \left(0,05 \cdot 1,8 + \frac{2,0}{100,0} \right) + 26,3 \cdot \left[0,05 \cdot (2,48 - 1) + \frac{2,0}{100,0} \right] = 4,99,$$

$$4,99кН \geq 2,50кН.$$

З кривої тяги з'ясуємо, що трактор здатний розпочати рух з місця на будь-якій робочій передачі. Адекватність зчеплення коліс трактора з поверхнею ґрунту перевіряємо за допомогою нерівності:

$$F_{\max} - G \cdot \left(f \cdot a_{np} + \frac{i}{100} \right) \geq G_{np} \cdot \left(f_{np} \cdot a_{np} + \frac{i}{100} \right), \quad (2.14)$$

де F_{\max} - максимальна сила зчеплення ведучих коліс трактора з ґрунтом, кН;

$$F_{\max} \approx \frac{2}{3} \cdot G \cdot \mu, \quad (2.15)$$

де μ - коефіцієнт зчеплення коліс трактора з ґрунтом, $\mu = 0,7$;

$$F_{\max} \approx \frac{2,0}{3,0} \cdot 33,4 \cdot 0,7 = 15,6кН,$$

$$15,6 - 33,4 \cdot \left(0,05 \cdot 2,48 + \frac{2,0}{100,0} \right) \geq 24,5 \cdot \left(0,05 \cdot 1,8 + \frac{2,0}{100,0} \right),$$

$$8,5 > 2,5.$$

Отже, зчеплення буде достатнім.

За основну робочу передачу приймаємо 3 на якій $P_{кр} = 9,9кН$,
 $V_p = 11,8км/год$.

Коефіцієнт використання тягового зусилля:

$$\eta_T = \frac{G_{np} \cdot \left(f_{np} + \frac{i}{100} \right)}{P_{кр} - G \cdot \frac{i}{100}} = \frac{24,5 \cdot \left(0,05 + \frac{2,0}{100,0} \right)}{9,9 - 33,4 \cdot \frac{2,0}{100,0}} = 0,2. \quad (2.16)$$

2.3.4. Організація роботи агрегату на загоні. Обираємо човниковий метод руху устаткування, оскільки він гарантує найвищий коефіцієнт робочих ходів під час виконання операції.

Визначаємо кінематичні характеристики агрегату.

Радіус повороту:

$$R_o = 1,5 \cdot B_k, \quad (2.17)$$

де B_k - ширина захвату агрегату, $B_k = 5,4$ м;

$$R_o = 1,5 \cdot 5,4 = 8,1м.$$

Кінематичну довжину агрегату визначаємо як суму кінематичних довжин трактора ($l_{mp} = 1,3$ м) і культиватора ($l_m = 1,5$ м), тобто:

$$l_a = l_{mp} + l_m = 1,3 + 1,5 = 2,8 \text{ м.} \quad (2.18)$$

Кінематична ширина агрегату:

$$d_k = 0,5 \cdot B_k = 0,5 \cdot 5,4 = 2,7 \text{ м.} \quad (2.19)$$

Довжина виїзду:

$$l = 0,4 \cdot l_a = 0,4 \cdot 2,8 = 1,12 \text{ м.} \quad (2.20)$$

Найменша ширина поворотної смуги:

$$E_{\min} = 2,8 \cdot R_o + l + d_k = 2,8 \cdot 8,1 + 1,12 + 2,7 = 26,5 \text{ м.} \quad (2.21)$$

Ширину поворотної смуги визначають, враховуючи кратність кількості проходів техніки, а також узгоджуючи її з іншими операціями, що виконуються поруч:

$$E = 5,0 \cdot B_k = 5,0 \cdot 5,4 = 27,0 \text{ м.} \quad (2.22)$$

Довжина робочого проходу агрегату:

$$L_p = L - 2 \cdot E, \quad (2.23)$$

де L - довжина поля, $L = 500$ м;

$$L_p = 500,0 - 2,0 \cdot 27,0 = 446 \text{ м.}$$

Довжина одного петлевого повороту:

$$l_x = 7 \cdot R_o + 2 \cdot e = 7,0 \cdot 8,1 + 2,0 \cdot 1,12 = 58,94 \text{ м.} \quad (2.24)$$

Кількість робочих проходів на полі:

$$n_p = \frac{C}{B_k} + \frac{2 \cdot E}{B_k}, \quad (2.25)$$

де C - ширина поля, $C = 300$ м;

$$n_p = \frac{300,0}{5,4} + \frac{2,0 \cdot 27,0}{5,4} = 66.$$

Кількість холостих проходів:

$$n_x = n_p - 1 = 66 - 1 = 65. \quad (2.26)$$

Коефіцієнт робочих ходів:

$$Y = \frac{L_p \cdot n}{L_p \cdot n_p + n_x \cdot l_x} = \frac{446,0 \cdot 66,0}{446,0 \cdot 66,0 + 65,0 \cdot 58,94} = 0,88. \quad (2.27)$$

Шлях, який проходить агрегат між двома заправками резервуарів обприскувача:

$$L_{mex} = \frac{V \cdot \gamma \cdot \lambda \cdot 10^4}{B_k \cdot \beta \cdot H}, \quad (2.28)$$

де V - об'єм місткості обприскувача, $V = 0,36 \text{ м}^3$;

γ - густина розчину гербіцидів, $\gamma = 1000 \text{ кг/м}^3$;

λ - коефіцієнт використання об'єму, $\lambda = 0,95$;

β - коефіцієнт використання ширини захвату, $\beta = 1$;

H - норма внесення, $H = 2 \text{ ц/га}$.

$$L_{mex} = \frac{0,63 \cdot 1000,0 \cdot 0,95 \cdot 10^4}{5,4 \cdot 1,0 \cdot 200,0} = 5542,0 \text{ м.}$$

Віддаль між місцями заправлення обприскувача на поворотній смузі:

$$l_{м.з} = \frac{L_{mex} \cdot B_k}{2 \cdot L_p} = \frac{5542,0 \cdot 5,4}{2,0 \cdot 446,0} = 33,5 \text{ м.} \quad (2.29)$$

Тривалість одного циклу роботи агрегату на загоні:

$$t_y = t_p + t_x + t_{з.обпр}, \quad (2.30)$$

де t_p , t_x , $t_{з.обпр}$ - відповідно час на робочі проходи протягом циклу, холості розвороти та заправку обприскувача.

$$t_p = \frac{2 \cdot L_p \cdot 60}{V_p \cdot 1000}, \quad (2.31)$$

де V_p - робоча швидкість руху агрегату, $V_p = 6,2 \text{ км/год.}$;

$$t_p = \frac{2,0 \cdot 446,0 \cdot 60,0}{6,2 \cdot 1000,0} = 8,6 \text{ хв.}$$

Час на холості повороти за цикл:

$$t_x = \frac{2 \cdot l_x \cdot 60}{V_x \cdot 1000}, \quad (2.32)$$

де V_x - швидкість руху агрегату при повороті, $V_x = V_p = 6,2 \text{ км/год.}$;

$$t_x = \frac{2,0 \cdot 58,94 \cdot 60,0}{6,2 \cdot 1000,0} = 1,14 \text{ хв.}$$

Час на заповнення місткостей обприскувача за цикл:

$$t_{з.обпр} = \frac{2 \cdot L_p}{L_{mex}} t_o, \quad (2.33)$$

де t_o - тривалість однієї заправки, $t_o = 5$ хв.

$$t_{з.обпр} = \frac{2,0 \cdot 446,0}{5542,0} 5,0 = 0,8 \text{ хв.}$$

Тривалість циклу:

$$t_u = 8,6 + 1,14 + 0,8 = 10,54 \text{ хв.}$$

Кількість циклів за зміну:

$$n_u = \frac{T_{зм} - T_{н.з} - T_{он}}{t_u}, \quad (2.34)$$

де $T_{зм}$ - тривалість зміни, $T_{зм} = 7$ год. = 420 хв.;

$T_{н.з}$ - підготовчо-заключний час за зміну, хв.;

$$T_{н.з} = T_{ПП} + T_{ЕТО} + T_{ПНК} + T_{П.Н}, \quad (2.35)$$

де $T_{ПП}$ - час на підготовку агрегату до переїзду на початку і в кінці зміни, $T_{ПП} = 3,0$ хв;

$T_{ЕТО}$ - час на щозмінне технічне обслуговування машин агрегату, $T_{ЕТО} = 30$ хв.;

$T_{ПНК}$ - час на переїзди за зміну, $T_{ПНК} = 26$ хв.;

$T_{П.Н}$ - час на одержання наряду, $T_{П.Н} = 4$ хв.;

$$T_{н.з} = 3,0 + 30,0 + 26,0 + 4,0 = 63,0 \text{ хв.}$$

$T_{он}$ - час регламентований внутрішніми перервами, $T_{он} = 30$ хв.;

$$n_u = \frac{420,0 - 63,0 - 30,0}{10,54} = 31,02 \approx 31 \text{ цикл.}$$

Чистий робочий час за зміну:

$$T_p = t_p \cdot n_u = 8,6 \cdot 31,0 = 266,6 \text{ хв} = 4,44 \text{ год.} \quad (2.36)$$

Час холостого руху за зміну:

$$T_x = t_x \cdot n_u + T_{ПНК} = 1,14 \cdot 31,0 + 26,0 = 61,34 \text{ хв} = 1,02 \text{ год.} \quad (2.37)$$

Час зупинок агрегату з працюючим двигуном трактора:

$$T_o = T_{III} + T_{ETO} + T_{III} + T_{on} + t_{з.обпр} \cdot n_{ц} = 3,0 + 30,0 + 4,0 + 30,0 + 0,8 \cdot 31,0 = 91,8 \text{ хв} = 1,53 \text{ год.}$$

(2.38)

Дійсна тривалість зміни:

$$T_{зм.д} = T_p + T_x + T_o = 4,44 + 1,02 + 1,53 = 6,99 \text{ год.} \quad (2.39)$$

Коефіцієнт використання часу зміни:

$$\tau = \frac{T_p}{T_{зм.д}} = \frac{4,44}{6,99} = 0,64. \quad (2.40)$$

Продуктивність агрегату за зміну:

$$W_{зм} = 0,1 \cdot B_k \cdot \beta \cdot V_p \cdot T_p = 0,1 \cdot 5,4 \cdot 1,0 \cdot 6,2 \cdot 4,44 = 14,9 \text{ га.} \quad (2.41)$$

Продуктивність агрегату за цикл:

$$W_{ц} = 2 \cdot B_k \cdot \beta \cdot L_p \cdot 10^{-4} = 2,0 \cdot 10^{-4} \cdot 5,4 \cdot 1,0 \cdot 446,0 = 0,48 \text{ га.} \quad (2.42)$$

2.3.5. Експлуатаційні затрати при роботі агрегату. Витрата палива на одиницю роботи:

$$G = \frac{G_p \cdot T_p + G_x \cdot T_x + G_o \cdot T_o}{W_{зм}}, \quad (2.43)$$

де: G_p , G_x , G_o - годинна витрата палива відповідно при робочому ході, холостому русі і зупинки з працюючим двигуном, $G_p = 11,6 \text{ кг/год.}$, $G_x = 6,0 \text{ кг/год.}$, $G_o = 1,3 \text{ кг/год.}$

$$G = \frac{11,6 \cdot 4,44 + 6,0 \cdot 1,02 + 1,3 \cdot 1,53}{14,9} = 4,0 \text{ кг/га.}$$

Затрати праці на одиницю роботи:

$$z_n = \frac{m \cdot T_{зм.д}}{W_{зм}}, \quad (2.44)$$

де m - кількість людей, які обслуговують агрегат, $m = 1$ чол.

$$z_n = \frac{1,0 \cdot 6,99}{14,9} = 0,47 \text{ люд.год/га.}$$

Затрати енергії на одиницю роботи:

$$E = E_n + \frac{(E_{жсп} + E_{м1} + E_{м2} + E_m)}{W_{зм}}, \quad (2.45)$$

де E_n - енергія палива:

$$E_n = \alpha_n \cdot G, \quad (2.46)$$

де α_n - енергетичний вміст палива, $\alpha_n = 42,7$ МДж/га;

$$E_n = 42,7 \cdot 4,0 = 170,8 \text{ МДж / га.}$$

$E_{жсп}$ - енергія живої праці:

$$E_{жсп} = m \cdot \alpha_{тп}, \quad (2.47)$$

де m - кількість обслуговуючого персоналу, $m = 1$ чол.;

$\alpha_{жсп}$ - енергетичний еквівалент живої праці, $\alpha_{жсп} = 1$ МДж/люд·год.;

$$E_{жсп} = 1,0 \cdot 1,0 = 1,0 \text{ МДж.}$$

$E_{м1}$, $E_{м2}$, E_m - енергомiсткiсть енергетичних засобiв вiдповiдно культиватора, обприскувача i трактора: $E_{м1} = 80$ МДж/год., $E_{м2} = 44$ МДж/год., $E_m = 49$ МДж/год.

$$E = 170,8 + \frac{(1,0 + 80,0 + 44,0 + 49,0) \cdot 7,0}{14,9} = 252,5 \text{ МДж / га.}$$

2.3.6. Визначення необхідної кількості транспортних агрегатів для обслуговування основного агрегату. Тривалість рейсу транспортного засобу:

$$t_{p.c} = \frac{2 \cdot l_2 \cdot 60}{V_T \cdot \alpha_{np}} + t_{зав} + t_{зам}, \quad (2.53)$$

де l_2 - віддаль перевезення, $l_2 = 2$ км;

V_T - середньотехнічна швидкість агрегату, $V_T = 15$ км/год.;

$t_{зав}$ - тривалість заповнення кузова;

$t_{зам}$ - тривалість вивантаження місткості транспортного засобу;

α_{np} - коефіцієнт використання пробігу, $\alpha_{np} = 0,5$;

$$t_{p.c} = \frac{2,0 \cdot 2,0 \cdot 60,0}{15,0 \cdot 0,5} + 10,0 + 5,0 = 47,0 \text{ хв.}$$

Час, через який проходить спорожнення бака ПОМ-630-1:

$$t_{on} = \frac{L_{max} \cdot 60}{V_p} = \frac{5,54 \cdot 60,0}{6,2} = 55,0 \text{ хв.} \quad (2.54)$$

Потрібна кількість транспортних засобів:

$$n_{mp} = \frac{t_p}{t_{on}} = \frac{47,0}{55,0} = 0,8 \approx 1. \quad (2.55)$$

Ми виділяємо один транспортний засіб для обслуговування обладнання.

3. КОНСТРУКТИВНА РОЗРОБКА. УДОСКОНАЛЕННЯ СЕКЦІЇ РОБОЧИХ ОРГАНІВ КУЛЬТИВАТОРА УСМК-5,4Б

3.1. Обґрунтування необхідності і опис удосконалення

ВАТ ЛьвівАгромашпроект виготовляє обприскувачі ПОМ-630-1, укомплектовані обладнанням для смугового внесення гербіцидів у ґрунт. Це обладнання застосовується під час підготовки ґрунту, сівби та догляду за рослинами після появи сходів. Проте, якщо пригнічення бур'янів є недостатнім, ці технологічні операції негативно впливають на польову схожість насіння, знижують урожайність та цукристість коренеплодів. Щоб уникнути цих проблем, пов'язаних з внесенням гербіцидів, необхідно вдосконалити технологічний процес та пристрої для смугового обприскування. При роботі з щільними плоскоструменевими розпилювачами також важливо враховувати нерівномірний розподіл рідини по ширині смуги. Згідно з нормами ДСТУ, коефіцієнт варіації відкладень рідини не повинен перевищувати 90 %. Результати стендових випробувань [4] засвідчили, що витрата рідини по краях площини струменя розпилювача (20-25 % від загальної ширини струменя) значно зменшувалася, а робоча ширина смуги відкладень становила 80-85 % від ширини струменя. На межах смуги, обробленої гербіцидами (в зоні 1,5-2 см), спостерігалось різке зниження концентрації препарату. Отже, при обробці міжрядь з малими захисними зонами (8-10 см), ширина смуги повинна бути не менше 13-15 см, збільшуючись пропорційно до розширення захисних зон.

В експериментах, проведених ІМЕСГ, вирощування цукрових буряків здійснювалося за технологією, що передбачала використання напрямних щілин для руху агрегатів. Ширина захисних смуг при міжрядних обробітках становила 8-10 см, а ширина смуг, оброблених гербіцидами, – 13-15 см. У ґрунт вносили суміш гербіцидів ТХА+Ленацил (2,7+0,4 кг/га) або ептам (1,7 кг/га).

Досліди проводилися на вилуженому чорноземі з вмістом гумусу 4,5-5%. Вирощували сорт цукрових буряків Рамонський однонасінний 47. Норма висіву складала 11-12 насінин на один метр рядка.

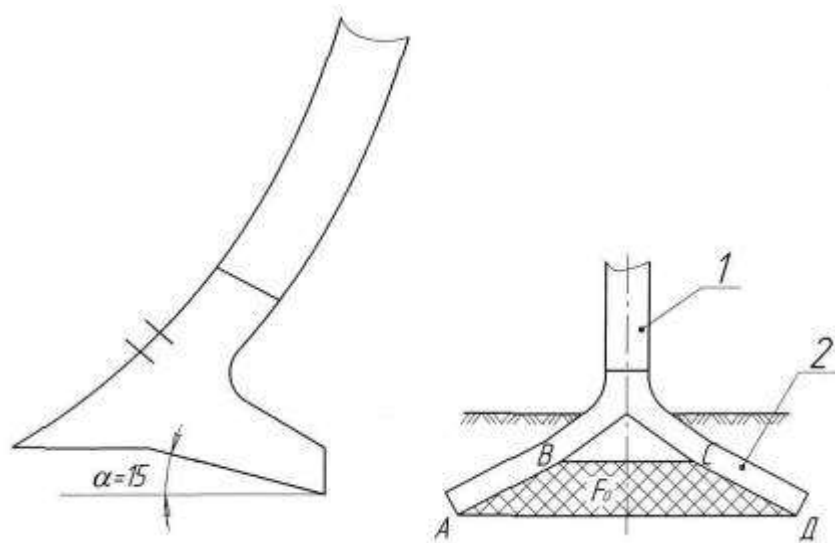


Рис. 3.1. Лапа культиватора УСМК-5,4Б для смугового внесення гербіцидів:
1-стійка; 2-стрільчаста лапа.

Ознакою цієї конструкції є те, що крила лапи розташовані під кутом $\alpha=15^\circ$ відносно горизонтальної поверхні. Завдяки цьому, після проходження лапи формується трапецієподібне ущільнене ложе АВСД (рис. 3.1 б).

Внесення розчину на таке ложе, глибина загортання насіння в якому аналогічна глибині в стандартної лапи, а по краях обробленої смуги досягає 4-5 см. Лабораторно-польові та виробничі випробування продемонстрували високу результативність запроєктованої технології. У виробничому експерименті зменшення кількості бур'янів на кінець вегетаційного періоду при смуговому внесенні гербіцидів на плоске ложе склало 85%, на трапецієподібне – 79,85%, а при суцільному внесенні цього препарату – 74,3%. За даними лабораторно-польових досліджень рівномірність розподілу рідини в обробленій смугі не залежала від кута повороту розпилювача, але змінювалась в залежності від тиску магістралі. Оптимальний тиск для рідини повинен бути не менше 0,2 МПа.

Результати досліджень показали, що обробіток міжрядь по напрямних щілинах з малими захисними зонами (8-10 см) із одночасним внесенням гербіциду смугами шириною 11-12 або 13-15 см, дозволили практично позбутися бур'янів. Цукристість і урожайність коренеплодів не відрізнялась від контрольного варіанту. Найважливішим напрямом поліпшення робочих органів культиваторів, нині, є зменшення енергетичних витрат під час обробітку ґрунту.

Численні дослідження проведені в нашій країні і за кордоном, а також практика буряківничих господарств продемонстрували, що застосування суміжних агрегатів із дванадцятирядних машин і тракторів тягового класу 20-30 кН або комбінованих агрегатів на вирощуванні цукрових буряків не мають таких негативних наслідків, як зниження родючості ґрунту, або її машинної деградації. Щільність ґрунту в порівнянні з використанням одноопераційних агрегатів також не збільшилась і забезпечується оптимальна інтенсивність мікробіологічних процесів у ґрунті. Одночасне виконання трьох-чотирьох і більше операцій, скорочує кількість проходів агрегатів по полю, зменшує витрату паливно-мастильних матеріалів, підвищує якість технологічного процесу і створює умови для одержання великих урожаїв буряків з меншими затратами.

Запропонований в дипломному проєкті комбінований робочий орган до культиватора УСМК-5,4Б призначений для ранньовесняного обробітку ґрунту із смуговим внесенням гербіцидів, заробленням їх в ґрунт в зонах майбутніх рядків рослин, нарізанням напрямних щілин, розпушуванням ґрунту з одночасним вирівнюванням поверхні і маркуванням поля під сівбу буряків.

Особливістю робочого органа є використання постійної колії трактора на виконанні основних технологічних операцій, що дозволяє зменшити ущільнення ґрунту ходовими системами тракторів, бо на всіх операція трактор рухається по одних і тих же міжряддях.

Вдосконалений культиватор показаний на рисунку 3.2. Щілинорізи 5 разом з котками, копірами 4 закріплюють на культиваторі перед четвертим і дев'ятим гряділями з таким розрахунком, щоб віддаль між ними була 2250 мм \pm 5 мм.

На секціях, що розміщені слідом за щілинорізами на виносних кронштейнах гряділів кріплять підпружинені стрілочасті лапи з розпилювачами, а в центральних тримачах ротаційні вирівнювачі для розпушування ґрунту в міжряддях. Розпилювачі з'єднують шлангами з штангою обприскувача ПОМ-630.

Під час ранньовесняного обробітку поля маркують під майбутню сівбу. З цією метою на агрегаті ставлять маркери від сівалки ССТ-12Б. Довжину їх визначають так само, як і при звичайній сівбі буряків, але заміряють її не від сошника, а від вершин крайніх лап. Трактор доцільно також забезпечити візирами.

Об'єм ґрунту, який розпушується ротаційним вирівнювачем, регулюється натягом пружини. Інтенсивність розпушування (подрібнення) ґрунту коригується зміною положення ротаційного вирівнювача.

Технологічний процес ранньовесняного обробітку ґрунту із смуговим внесенням гербіцидів та утворенням напрямних щілин виконують так. Трактор з агрегатом рухається по маркерному сліду. Робочі органи розпушують ґрунт з утворенням щільного дна трапецієвидної форми, на яке за допомогою розпилювача вноситься гербіцид. Через це гербіцид розподіляється на ширину 15 см. Ротаційний вирівнювач утворює вал ґрунту, котрим закриває гербіцид. До того ж, він вирівнює з подрібненням та ущільненням поверхневий шар ґрунту. Слідопоказчик утворює борозну глибиною 5-6см для наступного водіння по ній трактора в агрегаті із сівалкою ССТ-12Б.

Щілинорізи нарізають напрямні щілини глибиною 17-21 см. Якщо ранньовесняний обробіток виконують на вирівняному з осені зябу, то перший прохід весною здійснюють агрегатом в поперек до напрямку оранки і передпосівний обробіток не проводять. Якщо ж ранньовесняний обробіток виконують по гребенистому зябу, то перший прохід виконують під кутом 45° до напрямку оранки. Обробіток проводять агрегатом, який складається із середніх посівних борін або агрегатом із посівних борін і шлейф-борін. Проведені випробовування агрегату з такими робочими органами показали, що витрата ґрунтових гербіцидів на гектар скоротилась в три рази, паливо-мастильних матеріалів - на 25 %, затрати праці знизились на 30 %, а число проходів агрегатів по полю ранньою весною зменшилось з 6-8 до 2-3. Крім того, можна підвищити продуктивність агрегату у 1,5раза, якщо збільшити ширину захвату з 5,4 до 8,1 м, змонтувавши додатково 6 гряділів, по 3 секції з права і зліва від рами культиватора, або використавши зчіпку із двох культиваторів.

3.2. Розрахунок деталей удосконаленого робочого органа на міцність органа культиватора.

3.2.1. Обґрунтування конструктивних параметрів натискної пружини секції культиватора. Пружина необхідна для забезпечення потрібного притискання вирівнювача до ґрунту та захисту його компонентів від пошкоджень при зіткненнях з твердими об'єктами. При розрахунку зусилля, ми враховуємо, що вирівнювач не повинен надмірно заглиблюватись у ґрунт. Ця вимога буде дотримана, якщо тиск робочої частини полиці на ґрунт не перевищуватиме 20 Н/см². Сила притискання полиці до ґрунту визначається за формулою:

$$P = p \cdot l \cdot \delta \cdot H, \quad (3.1)$$

де p - допустимий тиск вирівнювача на ґрунт (приймаємо $p = 20$ Н/см²);

l, δ - відповідно довжина і товщина робочого леза полиці (конструктивно приймаємо $l = 200$ мм і $\delta = 5$ мм);

$$P = 20,0 \cdot 20,0 \cdot 0,5 = 200,0H.$$

Зусилля притискання кожної секції вирівнювача створюється двома пружинами і передається на поверхню ґрунту через важільну систему.

Його значення визначається з рівняння моментів відносно точки кріплення важеля до переднього бруса:

$$P_{np} = \frac{P \cdot L_1 - G \cdot L_3}{n_{np} \cdot L_2}, H, \quad (3.2)$$

де P - зусилля притискання вирівнювача, ;

G - вага вирівнювача, $G = 210 H$;

n_{np} - кількість пружин, $n_{np} = 1$;

L_3 - координата розміщення центра ваги вирівнювача, м.

$$P_{np} = \frac{200,0 \cdot 0,64 - 210,0 \cdot 0,45}{1,0 \cdot 0,34} = 250,0H. \quad (3.3)$$

Зусилля P_{np} - це сила стискання пружини попередньою деформацією. Позначимо її через P_1 . Сила стискання пружини при робочій деформації, тобто при наїзді обприскувача на перешкоду:

$$P_2 = 2 \cdot P_1 = 2,0 \cdot 250,0 = 500,0H. \quad (3.4)$$

Робоча деформація $h = 40$ мм. З довідкових даних встановлюємо для конструкції пружину другого класу. Приймавши її витривалість (число циклів до руйнування) $N = 10^6$.

Сила P_3 для граничних значень інерційного зазору ($\delta = 0,05-0,25$):

$$P_3 = \frac{P_2}{(1 - \delta)} = \frac{500,0}{(1,0 - 0,05)} = 526,3H. \quad (3.5)$$

Згідно з вихідними даними для розрахунку пружини, вибираємо номер 481, що має наступні параметри:

- сила при максимальній деформації $P_3 = 4500 H$;
- діаметр дроту $d = 8$ мм;

- зовнішній діаметр $D = 40$ мм;
- жорсткість одного витка $Z_l = 460,2$ Н/мм;
- максимальна деформація одного витка $f_3 = 2,1$ мм;
- максимальне дотичне напруження при крученні.

$$\tau_3 = 0,3 \cdot \sigma_6, H / \text{мм}^2, \quad (3.6)$$

де σ_6 - допустиме напруження, $\sigma_6 = 2000$ Н/мм².

$$\tau_3 = 0,3 \cdot 2000,0 = 600,0 H / \text{мм}^2.$$

Критична швидкість витка:

$$V_{кр} = \frac{\tau_3}{\sqrt{2 \cdot \rho \cdot E}} \cdot \left(1 - \frac{P_2}{P_3}\right), \text{ м/с}, \quad (3.7)$$

де E - модуль пружності матеріалу дроту $E = 8 \cdot 10^4$ Н/мм²;

ρ - щільність матеріалу $\rho = 8 \cdot 10^{-9}$ Н·с²/мм⁴.

$$V_{кр} = \frac{600}{\sqrt{2 \cdot 8 \cdot 10^{-9} \cdot 8 \cdot 10^4}} \cdot \left(1 - \frac{500,0}{666,7}\right) = 4,19 \text{ м/с}.$$

Так як
$$\frac{V_o}{V_{кр}} = \frac{2,5}{4,19} = 0,6, \quad (3.8)$$

Жорсткість пружини становитиме:

$$z = \frac{(P_2 - P_1)}{h_p} = \frac{(500,0 - 250,0)}{40,0} = 6,25. \quad (3.9)$$

Кількість робочих витків:

$$n = \frac{z_1}{z} = \frac{60,2}{6,25} = 10. \quad (3.10)$$

Середній діаметр:

$$D_0 = D - d = 52,0 - 5,0 = 47 \text{ мм}. \quad (3.11)$$

Індекс пружини:

$$c = \frac{D_0}{d} = \frac{47,0}{5,0} = 9,4. \quad (3.12)$$

Попередня деформація:

$$F_1 = \frac{P_1}{z} = \frac{250,0}{6,25} = 40,0 \text{ мм.} \quad (3.13)$$

Робоча деформація:

$$F_2 = \frac{P_2}{z} = \frac{500,0}{6,25} = 80,0 \text{ мм.} \quad (3.14)$$

Максимальна деформація:

$$F_3 = \frac{P_3}{z} = \frac{666,7}{6,25} = 106,7 \text{ мм.} \quad (3.15)$$

Висота пружини при максимальній деформації:

$$H_3 = (n_1 + 1 - n_3) \cdot d = (12,0 + 1 - 2,0) \cdot 5,0 = 55,0 \text{ мм,} \quad (3.16)$$

де n_3 - число замінюваних витків.

Висота пружини у вільному стані:

$$H_0 = H_3 + F_3 = 55,0 + 106,7 = 171,1 \text{ мм.} \quad (3.17)$$

Висота пружини при попередній деформації:

$$H_1 = H_0 - F_1 = 171,1 - 40,0 = 131,7 \text{ мм.} \quad (3.18)$$

Висота пружини при робочій деформації:

$$H_2 = H_0 - F_2 = 171,1 - 80,0 = 91,7 \text{ мм.} \quad (3.19)$$

Крок пружини:

$$t = f_3 + d = 11,13 + 5,0 = 16,3 \text{ мм.} \quad (3.20)$$

Довжина розгорнутої пружини:

$$L = 3,2 \cdot D_0 \cdot n_1 = 3,2 \cdot 47,0 \cdot 12,0 = 1804,8 \text{ мм.} \quad (3.21)$$

Маса пружини:

$$Q = 19,25 \cdot 10^{-6} \cdot D_0 \cdot d^2 \cdot n_1 = 19,25 \cdot 10^{-6} \cdot 47,0 \cdot 5,0^2 \cdot 12,0 = 0,270 \text{ кг.} \quad (3.22)$$

Об'єм який займає пружина в розгорнутому вигляді:

$$W = 0,785 \cdot D^2 \cdot H_1 = 0,785 \cdot 52,0 \cdot 131,7 = 27955,7 \text{ мм}^3. \quad (3.23)$$

Сума проєкцій сил на вісь У:

$$P_A - P_{np} - 0,5 \cdot G + R_{zp} = 0, \quad (3.24)$$

де P_{np} - зусилля від деформації пружини, $P_{np} = 666,7 \text{ Н}$;

G - вага вирівнювача, $G = 210$ Н. Сума моментів відносно точки А:

$$R_{cp} \cdot 0,64 + R_g \cdot 0,38 - P_{np} \cdot 0,34 - G \cdot 0,45 = 0, \quad (3.25)$$

Звідки:

$$R_{np} = \frac{P_{np} \cdot 0,34 + G \cdot 0,45 - R_g \cdot 0,38}{0,64} H.$$

де R_g - опір вирівнювача:

$$R_g = \frac{K \cdot B_k}{2}, \quad (3.26)$$

де K - питомий опір. За аналогією з боронами, $K = 500$ Н/м;

B_k - ширина захвату вирівнювача, $B_k = 0,2$ м.

$$R_g = \frac{500,0 \cdot 1,35}{2,0} = 340,0 H,$$

$$R_{np} = \frac{666,7 \cdot 0,34 + 210,0 \cdot 0,45 - 340,0 \cdot 0,38}{0,64} = 300,0 H.$$

З рівняння (3.25) знаходимо:

$$R_A = P_{np} + \frac{G}{2} - R_{np} = 666,7 + \frac{210,0}{2} - 300,0 = 471,7 H. \quad (3.27)$$

Будуємо епюру поперечних сил і згинальних моментів, які діють на тримач вирівнювача.

Найбільш навантаженим є перетин $I-I$. Сумарний згинальний момент, який діє у цьому перетині згинального моменту. Розглядаємо суму моментів в правій площині:

$$M_{зг} = R_g \cdot 0,38 + R_{cp} \cdot 0,3 - 0,5G \cdot 0,11, \quad (3.28)$$

$$M_{зг} = 340,0 \cdot 0,38 + 300,0 \cdot 0,3 - 0,5 \cdot 210,0 \cdot 0,11 = 207,2 H.$$

Напруження згину:

$$\sigma = \frac{0,5 \cdot M_{зг}}{W} \leq [\sigma]_{зг}, \quad (3.29)$$

де W - момент опору перетину, $см^3$;

$[\sigma]_{зг}$ - допустимі напруження згинання, МПа.

Момент опору для прямокутного перетину:

$$W = \frac{e \cdot h^2}{2}, \quad (3.30)$$

де e - висота профілю, $e = 4,5$ см;

h - ширина профілю, $h = 0,8$ см.

$$W = \frac{4,5 \cdot 0,8^2}{2,0} = 0,1875 \text{ см}^3,$$

$$\sigma = \frac{0,5 \cdot 207,2}{0,1875} = 552,5 \text{ Н / см}^3.$$

Отже, умова міцності виконується.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Проведений аналіз Інститут с.г. Північного Сходу НААН показав що господарство має в обробітку майже 3010 га ріллі, на якій займається вирощуванням зернових – 1405 га (основна культура 569 га озима пшениця) і технічних культур – 1227 га. Машинно-тракторний парк забезпечений 30-ма енергетичними засобами, як на колісному так і на гусеничному ході.

В технічній частині описано технологічні відмінності вирощування технічних культур в Світі та в Україні. Описані які сівозміни використовуються в Україні та їх вплив на попередників. Описано елементи підготовки ґрунту під посів, строки посіву та догляд за посівами. Розроблена операційно-технологічна карта на міжрядний обробіток; вказали умови роботи; режими роботи агрегату; приведений опір склав 1,96 кН; коефіцієнт використання тягової сили склав – 0,99; коефіцієнт корисної дії склав 0,57. Описано було організацію роботи агрегату на загоні, а саме вибір радіусу повороту – 8,1 м; кінематичну довжину 2,8 м та ширину 2,7 м; ширина поворотної смуги склала 26,5 м; довжина петле видного розвороту склала 58,94м. Продуктивність склала 14,9 га за зміну при коефіцієнті використання часу зміни 0,64 та витраті палива 4,0 кг/га.

Запропонований комбінований робочий орган до культиватора УСМК-5,4Б дозволить при ранньовесняному обробітку ґрунту із смуговим внесенням гербіцидів, заробленням їх в ґрунт в зонах майбутніх рядків рослин, нарізанням напрямних щілин, розпушуванням ґрунту з одночасним вирівнюванням поверхні і маркуванням поля під сівбу буряків.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Технічні культури : підручник / А. С. Малиновський, В. Г. Дідора, М. В. Грищак [та ін.] ; за заг. ред. А. С. Малиновського. – Житомир : ДАЕУ, 2007. – 305 с.
2. Тема 3.4. Визначення технологічних процесів передпосівного обробітку ґрунту та їх технічне забезпечення. Експлуатація машин і обладнання. Електронний підручник / С. А. Шуліка, Л. А. Дяченко, Є. К. Іванов ; «Науково-методичний центр вищої та фахової передвищої освіти». М. Київ : НМЦ, 2020. URL: https://evgivanov.github.io/expl_html_book/book/part3/tema3-4.html (дата звернення: 20.03.2025).
3. Буряківництво. Проблеми інтенсифікації та збереження. За ред. В.Зубенка.– К.: НВП ТОВ «Альфа-стевія ЛТД».
4. Зубко В.М., Сировицький К.Г. Експлуатація машин і обладнання : методичні вказівки щодо виконання лабораторно-практичних занять № 2 для студентів 4 курсу спеціальності 208 «Агроінженерія» денної і заочної форм навчання освітнього ступеня «бакалавр» / Зубко В.М., Сировицький К.Г. - Суми, 2022. –195 с.
5. Сільськогосподарські та меліоративні машини: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.О. Дубровін, Т.Д. Іщенко та ін.; За ред. Д.Г. Войтюка. — К.: Вища освіта, 2004. — 544 с.; іл.
6. Сисолін П.В. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування: Підручн. для студент. вищ. навч. закл. із спец. «Машини та обладн. с.-г. вир-ва» / За ред. М.І. Черновола. Кн. 2: Машини для рільництва / П.В. Сисолін, Т.І. Рибак, В.М. Сало; За ред. М.І. Черновола. – К.: Урожай, 2002. – С.83-173.
7. Сисоліна І. П. Напрями удосконалення молотильних апаратів зернозбиральних комбайнів / І. П. Сисоліна // Аграрний вісник причорномор'я. – 2013. – Вип. 67. – С. 121–129.

8. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін.; за ред. Д.Г.Войтюка. – К. Вища освіта, 2005. – 464 с.: іл.;

10. Rudoy, Dmitriy & Egyan, M & Kulikova, N & Chigvintsev, V. (2021). Review and analysis of technologies for harvesting perennial grain crops. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 937. 022112. 10.1088/1755-1315/937/2/022112.

https://www.researchgate.net/publication/357231021_Review_and_analysis_of_technologies_for_harvesting_perennial_grain_crops

11. Rudoy, Dmitriy & V.I., Pakhomov & Maltseva, Tatyana & M.A., Yegyan & N.A., Kulikova. (2021). Review and analysis of technologies for harvesting grain crops. 120-125. 10.23947/itno.2021.120-125.

https://www.researchgate.net/publication/358572835_Review_and_analysis_of_technologies_for_harvesting_grain_crops

12. Wen, Jingqian & Yin, Yanxin & Zhang, Yawei & Pan, Zhenglin & Fan, Yindong. (2022). Detection of Wheat Lodging by Binocular Cameras during Harvesting Operation. Agriculture. 13. 120. 10.3390/agriculture13010120.

https://www.researchgate.net/publication/366832324_Detection_of_Wheat_Lodging_by_Binocular_Cameras_during_Harvesting_Operation

13. Єфімов, О. А. Механізація вирощування цукрових буряків з удосконаленням культиватора для міжрядного обробітку ґрунту : кваліфікаційна бакалаврська робота : спец. 208 «Агроінженерія» / наук. кер. В. А. Дейкун ; Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. – Кропивницький : ЦНТУ, 2023. – 66 с.

14. Глеваський І.В. Буряківництво. – К., 2021. – 319 с.

15. Технічні культури : навчальний посібник / Олексій Жатов, Світлана Каленська, Андрій Мельник ; ред.: О. Г. Жатов, С. М. Каленська. - Суми : Університетська книга, 2015. - 358 с

16. Технічні культури. За ред.. А.С.Малиновського.– Ж.:ДВНЗ «Державний агроекологічний університет», 2017

17. Godzhaev, Zakhid & Kolesnikov, Aleksey. (2025). IMPROVEMENT OF THRESHERS FOR THRESHING AND SEPARATION OF GRAIN LEGUMES. Tractors and Agricultural Machinery. 10.17816/0321-4443-678124.

18. Зубко В.М., Експлуатація машин і обладнання: методичні вказівки щодо виконання лабораторно-практичних занять № 1 для студентів 4 курсу спеціальності 208 «Агроінженерія» денної і заочної форм навчання освітнього ступеня «бакалавр» / Зубко В.М., Сировицький К.Г. - Суми, 2022. – 68 с.

19. Войтюк Д. Г. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку: Навчальний посібник / За ред. Д. Г. Войтюка / С. С. Яцун, М. Я. Довжик. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2008. – С. 345-358.

20. Duganets, Vasyl & Hrushetskyi, Sergii & Tokarchuk, Oleksii & Bonchuk, Vitalii & Fedirko, Pavlo. (2023). ANALYSIS OF THE MAIN MALFUNCTIONS OF GRAIN HARVESTERS AND WAYS TO INCREASE THEIR EFFICIENCY IN HARVESTING GRAIN, LEGUMINOUS AND OTHER CROPS. ENGINEERING, ENERGY, TRANSPORT AIC. 21-28. 10.37128/2520-6168-2023-1-3.

21. Мельник А. В. Рослинництво з основами технології переробки. Практикум : навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. за ред. А. В. Мельника, В. І. Троценка. Суми : Університетська книга, 2017. 383 с

22. YELENYCH, Anatoliy. (2024). DESIGN FEATURES OF GRAIN HARVESTING COMBINEERS CASE IN "AXIAL-FLOW" SERIES. ENGINEERING, ENERGY, TRANSPORT AIC. 95-105. 10.37128/2520-6168-2024-1-11.

23. Vyn, Tony & Raimbault, B.A.. (1992). Evaluation of strip tillage systems for corn production in Ontario. Soil & Tillage Research - SOIL TILL RES. 23. 163-176. 10.1016/0167-1987(92)90012-Z.

24. Sharma, Kapil & Chaturvedi, Shalini & Kumari, Sweta & Kumar, Vivak. (2024). Fuel Consumption Pattern for Disc Plough and Cultivator Tillage Implement. *Journal of Experimental Agriculture International*. 46. 894-902. 10.9734/jeai/2024/v46i72643.

ДОДАТКИ