

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

УДК 631.31

БЕРЕЖНИЦЬКИЙ МАКСИМ ВІКТОРОВИЧ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПОСІВУ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО З МОДЕРНІЗАЦІЄЮ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ПЕРЕДПОСІВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

(тема роботи)

208 «Агроінженерія»

(шифр і назва спеціальності)

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

(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Керівник роботи
Грабар Іван Григорович
(прізвище, ім'я, по батькові)
д.т.н., професор
(науковий ступінь, вчене звання)

АНОТАЦІЯ

Бережницький М.В. Розробка технологічного процесу посіву кукурудзи на зерно з модернізацією пристрою для передпосівного обробітку ґрунту. Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2025.

В даній кваліфікаційній роботі проведено розрахунок технологічного процесу посіву кукурудзи на зерно. Наведені біологічні особливості вирощування кукурудзи на зерно. Складено технологічну карту та здійснено розрахунок потреби техніки, робочої сили та технологічних матеріалів.

Наведено комплектування використання сільськогосподарської техніки з виробництва кукурудзи. Складено виробничу програму та розроблено операційну технологію виконання операцій.

Описаний проектуємий агрегат для передпосівного обробітку ґрунту створений спеціально, щоб вирівнювати поверхню ґрунту на полях, створювати однорідну структуру, по фракційному складу, агрегатів ґрунту, а також для знищення бур'янів без внесення передпосівного гербіциду.

Наведена опора призначена для утримання агрегату для передпосівного обробітку при його зберіганні.

Ключові слова: *пристрій, передпосівний обробіток, кукурудза, технологічний процес.*

ABSTRACT

Berezhnytskyi M.V. Development of a technological process for sowing corn for grain with modernization of a device for pre-sowing soil cultivation. Qualification work for obtaining a bachelor's degree in specialty 208 - Agroengineering. - Polissia National University, Zhytomyr, 2025.

In this qualification work, the technological process of sowing corn for grain is calculated. The biological features of growing corn for grain are given. A technological map is drawn up and the need for equipment, labor and technological materials is calculated.

The equipment for using agricultural machinery for corn production is given. A production program is drawn up and an operational technology for performing operations is developed.

The described designed unit for pre-sowing soil cultivation is specially designed to level the soil surface in the fields, create a homogeneous structure, in terms of fractional composition, of soil aggregates, and also to destroy weeds without applying pre-sowing herbicide.

The given support is intended to hold the unit for pre-sowing cultivation during its storage

Keywords: *device, pre-sowing cultivation, corn, technological process.*

ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. ПРОЄКТУВАННЯ КОМПЛЕКСНОЇ МЕХАНІЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО	7
1.1. Біологічні особливості вирощування кукурудзи на зерно	7
1.2. Планування врожайності та складання технологічної карти	9
1.3. Розрахунок потреби техніки та технологічних матеріалів	13
1.4. Висновки по першому розділу	13
РОЗДІЛ 2. ОРГАНІЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО	14
2.1. Комплектування складу використання сільськогосподарської техніки з виробництва кукурудзи	14
2.2. Складання виробничої програми	16
2.3. Розробка операційних технологій виконання операцій	17
2.3.1. Передпосівний обробіток	17
2.3.2. Посів кукурудзи на зерно	26
2.4. Висновки по другому розділу	35
РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКА РОЗРОБКА. ПРИСТРІЙ ДЛЯ ПЕРЕДПОСІВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ	36
3.1. Необхідність застосування пристрою	36
3.2. Будова і робота пристрою	36
3.3. Інженерні розрахунки	37
3.4. Висновки по третьому розділу	47
ВИСНОВКИ	48
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	49

ВСТУП

В останні роки стан в сільському господарстві в порівнянні з попередніми роками значно погіршилось. Це сказалося військовою агресією росії, нехваткою робочої сили та ін. Розбалансованість нашої економіки тієї її частини, яка регулює взаємовідносини між промисловістю, що ледве випускає техніку, обладнання і різного роду матеріали для села і сільськогосподарських підприємств, що постачають сільськогосподарську продукцію в міста. Розірвані зв'язки з поставки селу сільськогосподарської техніки, добрив, гербіцидів, насіння, до того ж різко піднялися ціни на них.

З іншої сторони ціни на сільськогосподарську продукцію, податок на прибуток сільськогосподарських підприємств, не сприяють ні росту, ні розвитку економіки сільського господарства.

Фермерські господарства все в більшій мірі вимушені брати позики через ріст цін на сільськогосподарську техніку, обладнання, паливо-мастильні матеріали.

В таких катастрофічно нестабільних умовах основною задачею господарства є і залишається в найближчому майбутньому збереження випуску хоча б тих мінімальних об'ємів сільськогосподарської продукції, що виробляють на даний час.

На даний час в господарстві зросла собівартість механізованих робіт. Слід відмітити, що в господарстві спостерігається зменшення кількості умовних еталонних гектарів, вироблених за рік.

Такий стан господарства економічно нестабільний. Для зміни стану господарства треба поліпшити планово-економічні показники. Для зміни становища необхідно покращити планово-запобіжну систему ТО та ремонтів, організувати правильне зберігання техніки, встановити чіткий контроль за витратами ПММ.

Метою роботи є розробка технологічного процесу посіву кукурудзи на зерно з модернізацією пристрою для передпосівного обробітку ґрунту.

Об'єктом розробки є технологічний процес посіву кукурудзи на зерно.

Предмет розробки – конструкція пристрою для передпосівного обробітку ґрунту

Переходячи до кваліфікаційної роботи можна сказати, що основними задачами є:

- 1) обґрунтування оптимального складу МТП;
- 2) розробка технологічних норм;

3) розробка пристрою для передпосівного обробітку ґрунту.

Публікації:

Бережницький М.В. Програмування врожайності кукурудзи на зерно. Наукові читання – 2024: матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики. 20 травня 2024 р. Житомир: Поліський національний університет, 2024. С. 96-98.

Бережницький М.В. Розробка пристрою для передпосівного обробітку ґрунту.. Наукові читання – 2024: матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики. 20 травня 2024 р. Житомир: Поліський національний університет, 2024. С. 104-106.

Обсяг та структура роботи. Робота складається із вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел. Робота викладена на 50 сторінках машинописного тексту, містить 8 рисунків та 9 таблиць, списку використаних джерел з 14 найменувань.

РОЗДІЛ 1. ПРОЄКТУВАННЯ КОМПЛЕКСНОЇ МЕХАНІЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО

1.1. Біологічні особливості вирощування кукурудзи на зерно

Кукурудза – важлива зернова культура з широким спектром використання на продовольчі, кормові та технічні цілі. Кукурудзяне зерно переважно йде на корм худобі та птиці. В останні роки зростають обсяги його використання для отримання крохмалю, спирту та олії.

У тваринництві кукурудза є основною кормовою культурою. На силос і зелену масу кукурудза може оброблятися пожнивному та поукісному посівах.

Кукурудза має велике значення, вона вирощується на зелений корм і силос, а також ранньостигла кукурудза на зерно є добрим попередником для багатьох культур, у тому числі для озимої пшениці.

Ранньостиглі та середньоранні гібриди кукурудзи можна використовувати для пересіву загиблих в результаті вимерзання або пошкодженням градом озимих та ярих культур. В даному випадку ранньостиглі гібриди кукурудзи визрівають на зерно при сівбі навіть у середині червня.

Мінімальною температурою проростання насіння гібридів кукурудзи є +6–8 °С, оптимальною +10 °С. Швидко сходить насіння при температурі на глибині закладення насіння +12 °С.

Навесні молоді рослини кукурудзи у фазі 1–5 листя витримують нічні заморозки до -3-5 °С. При цьому надземна частина рослин може відмерти, але з настанням тепла точка зростання продовжує розвиток, з'являються нове листя і рослини нормально ростуть і розвиваються. Пошкоджені градом, що знаходяться у фазі 5–6 листя, утворюють нове листя та продовжують вегетацію.

Оптимальною для зростання кукурудзи до цвітіння є середньодобова температура повітря +18–20 °С. Швидке зростання денних температур повітря з фази 8–10 листя прискорює розвиток рослин та настання цвітіння.

При цьому може накопичуватись менша кількість органічної речовини, необхідної для формування високого врожаю зерна, через що спостерігається його недобір.

Кукурудза – перехресно запилювана, однорічна рослина. Формування квіток чоловічої та жіночої суцвіть починається на четвертому та п'ятому етапах органогенезу (залежно від групи стиглості гібридів фаза 5–8 листків). У даний час закладається кількість жіночих квіток на качані та викидання волоті спостерігається на восьмому етапі органогенезу, цвітіння – на дев'ятому. На цьому ж етапі органогенезу відбувається також цвітіння качана і запилення жіночих квіток. За сприятливих умов цвітіння волоті, як правило, починається на 2-3 дня раніше качана.

Умови навколишнього середовища під час вегетації кукурудзи сильно впливають на її врожайність.

Нестача вологи та мінерального живлення, обумовлені несприятливими погодними умовами, засміченістю, і навіть загущеністю посіву негативно впливають на формування качана. При сильній засміченості бур'янами розвиток качана відстає від розвитку волоті. Розрив між цвітінням волоті і качана збільшується на 2-3 дні. В результаті частина жіночих квіток не запилюється і не утворює зерен. Такі качани мають менше зерен у ряду і в качані в цілому.

Під час цвітіння оптимальною для кукурудзи вважається середньодобова температура повітря в межах +22-23 °C при денній +28–30 °C. Висока денна температура повітря при низькій вологості та суховіях негативно впливає на життєздатність пилку та процес запилення качанів. При денній температурі повітря вище +30 °C відносної вологості менше 30% пилок втрачає життєздатність протягом 1-2 годин. Сухість повітря під час цвітіння викликає череззерницю та утворення качанів без зерен.

Критичний період у розвитку кукурудзи – два тижні до цвітіння волоті та два тижні після цвітіння або 10 днів до викидання та 20 днів після викидання волоті. Недостатня кількість опадів, посуха та суховії критичний період розвитку є головною причиною низьких урожаїв зерна кукурудзи.

Для наливу зерна оптимальні умови забезпечує температура повітря +22-23 °C.

При температурі повітря після цвітіння +28–30 °C скорочується період наливу зерна. Передчасне дозрівання знижує масу 1000 зерен та врожайність. Прохолодна погода наприкінці вегетації кукурудзи підвищує її тривалість.

На вимогу до водного режиму кукурудза відноситься до мезофітів. Волога та її розподіл за періодами вегетації є основним фактором, що визначає врожайність.

Велике значення для отримання дружних, рівномірних сходів має наявність продуктивної вологи у ґрунті під час проростання насіння.

У фазі 6–8 листя кукурудзи вологість ґрунту у шарі 0–80 см має бути на рівні 60–65% від найменшої вологоємності, у фазі цвітіння – у межах 75–80%. Високі врожаї зерна кукурудзи формуються при запасах продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту перед посівом на рівні 130–150, під час цвітіння близько 90-100 мм.

Опади за весь період вегетації кукурудзи, що не є показником вологозабезпеченості. Для цієї культури важлива не лише загальна сума опадів, а й їх кількість критичний період, протягом двох тижнів до і після цвітіння їх має бути близько 70 мм.

Негативно впливає на врожайність нестача вологи у ґрунті у фазі молочної стиглості.

1.2. Планування врожайності та складання технологічної карти

Для планування врожаю необхідно передбачити такі основні етапи:

- визначити рівень потенційно можливого врожаю відповідно до обмежуючого ґрунтово-кліматичного фактора регіону;

- розробити технологічну карту відповідних заходів для досягнення запланованого врожаю;

- адаптація технологій у процесі вегетації залежно від реальних природно-кліматичних умов та стану розвитку рослин;

- контроль умов вирощування та аналіз результатів із метою накопичення даних для подальшого вдосконалення нормативів і показників планування врожаю.

«У заданих умовах ключовими факторами, що впливають на прогнозований врожай, можуть бути ефективність використання фотосинтетичної активної радіації (ФАР), рівень забезпеченості посівів вологою, а також теплові ресурси, які оцінюються за гідротермічним показником (ГТП) або біокліматичним потенціалом (БКП)». [1]

Вихідними даними для розробки технологічної карти вирощування та збирання кукурудзи був склад матеріально-технічної бази, планові технології вирощування культури, а також інформація про технічний стан наявної техніки. Технологічна карта розроблялась з врахуванням всієї площі посіву. Розмір площі посіву для даної культури брався відповідно з вихідними даними. При плануванні урожайності враховуються сучасні технології вирощування та збирання врожаю. Показники беруться із перспективних планів розвитку господарства.

«Норми застосування органічних та мінеральних добрив, як загальні, так і для основного обробітку, посіву або догляду за рослинами, слід обирати відповідно до запланованого врожаю, враховуючи вміст поживних речовин у ґрунті» [3].

Відстань перевезення насіння, добрив, продукції визначається відповідно до плану землекористування господарства.

У перелік сільськогосподарських робіт (графа 2 аркуш графічної частини) необхідно включити всі операції, які виконуються для отримання продукції. Це також охоплює транспортні норми, навантажувально-розвантажувальні роботи та роботи з попереднього року, починаючи з оброблення поля після збирання попередньої культури і завершуючи збором урожаю та заготівлею.

«У графі 3 зазначаються основні агротехнічні вимоги, такі як глибина обробітку, норми внесення насіння, добрив, гербіцидів та інші важливі параметри. Обсяг запланованих робіт (графа 4) визначається посівною площею, транспортними і вантажними роботами з врахуванням валової вихідної продукції, перевезенням вантажів та відстань транспортування»: [3]

$$Q_{\Pi} = k \cdot F \quad (1.1)$$

$$Q_H = q \cdot F \quad (1.2)$$

$$Q_T = Q_H \cdot S \quad (1.3)$$

де Q_{Π} , - польові роботи, га; [3]

Q_H - навантажувальні роботи, т; [3]

Q_T – транспортні роботи в т. км; [3]

k – кратність обробітку ($k = 1, 2, 3$); [3]

F – площа посіву, га; [3]

q – норма висіву (внесення добрив); [3]

S – відстань перевезень, в км. [3]

Агротехнічні терміни проведення сільськогосподарських робіт (графа 5) зазначаються відповідно до типових технологічних карт для регіону розташування господарства.

$$Q_{\Pi} = 2 \cdot 540 = 1080 \text{ га}$$

Кількість робочих днів (графа 6) у межах агротехнічного строку визначається за формулою:

$$D_p = D_k \cdot \alpha \quad (1.4)$$

де D_p , –кількість робочих днів за агротехнічний термін;

D_k –кількість календарних днів за агротехнічний термін;

α – коефіцієнт використання календарних днів.

Тривалість робочого дня в годинах зазначається в графі 7. Рекомендується планувати роботу агрегатів протягом світлової частини дня.

Кількість змін за робочий день (графа 8) розраховується за формулою: [3]

$$K_{зм} = \frac{T_{д}}{T_{зм}} \quad (1.5)$$

де $K_{зм}$ – коефіцієнт змінності; [3]

$T_{д}$ – тривалість робочого дня, год; [3]

$T_{зм}$ – тривалість зміни, год. [3]

$$K_{зм} = \frac{14}{7} = 2.$$

Марки машин, що входять в машинно-тракторний агрегат та їх кількість вносяться в графах 9, 10, 11 і 12. Також слід використовувати рекомендований парк машин для відповідної зони, враховуючи техніку з найвищою продуктивністю, мінімальними витратами пального та найнижчими прямими експлуатаційними витратами. Кількість основних та допоміжних працівників, які обслуговують машино-тракторний агрегат, визначається відповідно до технічних характеристик і заноситься у графи 13 та 14.

У графах 15 і 17 зазначаються змінна норма виробітка та норма витрат палива, які встановлені в господарстві або взяті з типових норм.

Виробіток агрегату за агротехнічний період (графа 16) розраховується за формулою:

$$W_{агр} = W_{зм} \cdot D_p \cdot k_{зм} \quad (1.6)$$

де W – норма виробітку агрегату за термін, га/зм, (н/зм; т·км/зм). [4]

$$W_{агр} = 52,8 \cdot 4 \cdot 2 = 422,8 \text{ га / зм}.$$

Кількість машинних агрегатів (ГРАФА 18-20), необхідних для виконання запланованого обсягу робіт, розраховується за відповідною формулою:

$$n_a = \frac{Q}{D_p \cdot k_{зм} \cdot W} \quad (1.7)$$

де Q – обсяг робіт, га (т, т·км); [3]

$K_{зм}$ – коефіцієнт змінності; [3]

D_p – кількість робочих днів; [3]

W – годинна продуктивність агрегату, га/год (т/год, т км/год). [3]

$$n_a = \frac{590}{4 \cdot 2 \cdot 52.8} = 1.$$

Кількість механізаторів та допоміжного персоналу, що необхідні для виконання робіт, визначається відповідно множенням граф 13 і 14 на кількість агрегатів (графа 12).

Необхідна кількість пального визначається за встановленою формулою: (графа 23)

$$G_i = q \cdot Q \quad (1.8)$$

де Q – загальний обсяг витрат палива, кг; [3]

q – норми витрати палива, кг/га. [3]

$$G_i = 5 \cdot 540 = 2700 \text{ кг}.$$

Трудові витрати на виконання одиниці роботи (графа 24) розраховується за відповідною формулою:

$$h = \frac{(m_c + m_d)}{W_{зм}} T_{зм} \quad (1.9)$$

де h – обсяг трудових витрат на одиницю виконаної роботи, год/га; [3]

m_c, m_d – відповідно кількість основних та допоміжних працівників; [3]

$T_{зм}$ - тривалість зміни, год; [3]

$W_{зм}$ – норми виробітку за змінну, га/зм.

$$h = \frac{(1 + 0)}{52.8} \cdot 7 = 0.13 \text{ год} / \text{га}.$$

Витрати праці на весь обсяг робіт (графа 25) визначається за відповідною формулою:

$$H_i = h \cdot Q \cdot k_{зм} \quad (1.10)$$

$$H_i = 0.13 \cdot 540 \cdot 2 = 140.4 \text{ год}.$$

Тривалість роботи тракторів (графа 27, 28, 29 і 30) обчислюється за допомогою формули:

$$T_i = \frac{Q \cdot T_{зм}}{W_{зм}} \quad (1.11)$$

Обсяг роботи в умовних еталонних гектарах (графа 31) визначається за допомогою формули:

$$\Omega = \frac{Q \cdot T_{зм}}{W_{зм}} \lambda_{ум} \quad (1.12)$$

де $\lambda_{ум}$ – коефіцієнт переведення в умовні еталонні трактори. [3]

Загальні прямі експлуатаційні витрати заносяться в графу 32. Та визначаються за відповідною формулою:

$$S_{екп} = S_{np} \cdot \Omega \quad (1.13)$$

1.3. Розрахунок потреби техніки та технологічних матеріалів

Для визначення необхідного складу машинно-тракторного парку потрібно збудувати графік завантаження необхідного комплексу сільськогосподарської техніки, а також потреби в робочій силі.

Приблизна потреба тракторів кожної марки визначається за обсягом робіт вгодини та середньому нормативному щорічному завантаженню трактора:

$$n_i = \frac{\sum_{i=1}^k T_i}{T_{ін}} \quad (1.14)$$

де n_i – кількість тракторів відповідної марки, шт;

$\sum_{i=1}^k T_i$ – сума загального завантаження тракторів відповідної марки за технологічною картою, год;

$T_{ін}$ – нормативне річне завантаження трактора даної марки, год. [5]

«Визначаємо необхідність мінеральних та органічних добрив, а також гербіцидів за відповідною формулою»: [3]

$$M = D_m \cdot F \quad (1.15)$$

де D_m – «необхідна доза внесення мінеральних чи органічних добрив, або гербіцидів, кг/га;» [3]

F – «площа посіву кукурудзи на зерно», га. [3]

$$M = 6.59 \cdot 540 = 3753 \text{ кг}$$

1.4. Висновки по першому розділу

В даному розділі наведено біологічні особливості вирощування кукурудзи на зерно. Розроблено технологічну карту на виробництво кукурудзи на та розраховано потреби техніки, робочої сили та технологічних матеріалів.

РОЗДІЛ 2. ОРГАНІЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО

2.1. Комплектування складу сільськогосподарської техніки з виробництва кукурудзи

Формування підрядних колективів у рослинництві та організація їхньої роботи базується на загальних засадах колективного договору, проте з врахуванням особливостей землеробства. Ці специфічні риси зумовлюють низку вимог щодо організації колективного підряду в галузі рослинництва.

Зокрема, бригади, що спеціалізуються виключно на виконанні робіт, пов'язаних із вирощуванням сільськогосподарських культур, і працюють протягом усього року. Формування бригад переважно відбувається за рахунок тракториста-машиніста, хоча за потреби до їх складу входять й працівники ручної праці. Кількість та структура колективну повинні відповідати встановленій виробничій програмі.

Як приклад розглянемо організацію підрозділу, що займається вирощуванням кукурудзи на зерно. За даною бригадою закріплено 540 га посівної площі, призначеної для кукурудзи з розрахунковою врожайністю 4 тонни з гектара [6].

Виходячи з нормативів, визначаємо сезонний фонд робочого часу:

$$C_a = D_1 \cdot T_{зм1} + D_2 \cdot T_{зм2} + \dots + D_n \cdot T_{змn} \quad (2.1)$$

де D_1, D_2, D_n – число робочих днів по місяцях польового сезону;

$T_{зм1}, T_{зм2}, T_{змn}$ – тривалість робочого дня по місяцях польового сезону.

$$C_a = 3 \cdot 14 + 18 \cdot 8 + 10 \cdot 8 + 3 \cdot 7 + 7 \cdot 8 + 16 \cdot 14 + 14 \cdot 7 + 14 \cdot 15 + 6 \cdot 8 = 923_{год}$$

Загальні заміри механізованої праці по бригаді розраховуємо по формулі:

$$Z_m = \frac{\rho \cdot C_{га}}{100} \quad (2.2)$$

де ρ – структура посівної площі % (приймаємо $\rho = 23,2\%$);

$C_{га}$ – затрати праці з розрахунку на 1 га, год.

$$Z_m = \frac{23,2 \cdot 19,5}{100} = 4,52_{год}$$

Виходячи з фонду робочого часу трактористів-машиністів у польовий періоді норм трудових витрат на один гектара, визначаємо обсяг навантаження на оброблювальну площу сівозмін:

$$P_c = \frac{C_\phi}{Z_n} \quad (2.3)$$

$$П_c = \frac{923}{4,52} = 204,2га$$

Розрахуємо чисельність трактористів-машиністів у бригаді:

$$U_p = \frac{F}{П_c} \quad (2.4)$$

де F – площа , якою засіяна кукурудза на зерно, га

П_с – наявність посівної площі на тракториста-машиніста

$$U_p = \frac{540}{204,2} = 2,64 \approx 3чол$$

Визначивши потребу трактористів-машиністів на виконання робіт, закріпимо за ними техніку. Комплектування механізованої ланки технікою приведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Комплектування механізованої ланки технікою.

Назва	Марка	Кількість
Трактори	ХТА-250-30	3
	John Deere 8335RT 2012	2
Культиватори	КПН-Р	3
	КПС-4,2	2
Сіялка	СУПН-12	1
Оприскувачі	ОПШ-15	2
Автомобілі	Зерновоз 10 т на базі DAEWOO MAXIMUS 4x2 HC3AA	4
Агрегат передпосівного обробітку	КОМПАКТМАТ NS - Farmet	2

2.2 Складання виробничої програми

Для плідної та безперебійної роботи механізованої ланки, розробимо виробничу програму, і зведемо її в табл. 2.2.[8]

Таблиця 2.2

Виробнича програма механізованої ланки.

Культура	Площа, га	Урожайність, т/га	Валовий збір продукції, т		Валовий збір основної і побічної з перерахунку в основну, т	Вартість валової продукції в закупівельних цінах, тис. грн.
			Основної	Побічної		
Кукурудза на зерно	540	4	2160	5400	3670	756

Визначимо затрати коштів на виробництво кукурудзи на зерно за виробничою програмою. Витрати на оплату праці визначаємо за наступною формулою:

$$S_{зр.пл} = Z_n \cdot f_m \cdot k_{нар} \cdot k_{доп} \cdot n_{мех} \quad (2.5)$$

де Z_n – загальні затрати праці, год;

f_m – розцінка за 1 годину роботи механізатора, грн/год. (приймаємо $f_m = 293$ грн/год.);

$K_{нар}$ – коефіцієнт, що враховує нарахування на заробітну плату ($K_{нар}=1,5$ приймаємо);

$K_{доп}$ – коефіцієнт, що враховує доплату за класність, за швидкість роботи, за стаж роботи, за якість та своєчасність виконання ($K_{доп}=1,5$).

$n_{мех}$ – кількість механізаторів в ланці, чол.

$$S_{зр.пл} = 10553,5 \cdot 170 \cdot 1,5 \cdot 1,5 \cdot 3 = 12109567,5 \text{ грн}$$

Дані розрахунки зводимо в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3

Ліміт затрат

Культура	Затрати праці, год.	Оплата праці, грн.	Посадковий матеріал, грн.	Паливо та мастильні матеріали, грн.	Добрива, грн.	Авто послуги, грн.
Кукурудза на зерно	10553,5	12109567,5	675000	237228,6	810000,0	52439,4

Розрахуємо експлуатаційні витрати коштів та занесемо їх в таблицю 2.4. Витрати коштів на поточні ремонти будуть наступні:

$$S_{тор} = \Omega \cdot a_{тор} \quad (2.6)$$

де Ω – обсяг робіт, у.е.га.;

$a_{тор}$ – витрати коштів на ТО і ремонт з розрахунку на 1 у.е.га, грн./у.е.га.

$$S_{\text{мор}} = 3627,3 \cdot 25 = 90682,5 \text{ грн}$$

Амортизаційні відрахування розраховуємо за такою формулою:

$$S_a = B \cdot a''_a \quad (2.7)$$

де B – вартість усієї техніки, що закріплена за ланкою, грн.;

a''_a – норма амортизації, % (приймаємо $a''_a = 14,2\%$). [7]

$$S_a = 570900 \cdot 0,142 = 81067,8 \text{ грн}$$

Розрахуємо затрати на незакінчене виробництво:

$$S_{\text{нев}} = C_n + C_{\text{ПММ}} + C_{\text{д}} + C_{\text{авт}} + S_{\text{мор}} + S_a \quad (2.8)$$

де C_n – вартість посівного матеріалу, грн.;

$C_{\text{ПММ}}$ – вартість паливо-мастильних матеріалів, грн.;

$C_{\text{д}}$ – вартість добрив, грн.;

$C_{\text{авт}}$ – затрати на авто послуги, грн.

$$S_{\text{нев}} = 34020,0 + 118614,3 + 90589,23 + 52439,4 + 90682,5 + 81067,8 = 467413,23 \text{ грн}$$

Інші витрати на роботу механізованої ланки будуть складати 1,5% від витрат на незакінчене виробництво.

$$S_{\text{ін}} = 467413,23 \cdot 0,015 = 7011,2 \text{ грн}$$

Таблиця 2.4

Експлуатаційні витрати коштів на роботу механізованої ланки.

Культура	Поточні ремонти, грн.	Амортизація, грн.	Незакінчене виробництво, грн.	Інші прямі затрати всього, грн.	Ліміт прямих затрат всього, грн.	Ліміт затрат на 1 т. умовної продукції, грн.
Кукурудза на зерно	17773,77	81067,8	394504,5	5917,56	400422,1	185,38

2.3 Розробка операційних технологій виконання операцій

2.3.1 Передпосівний обробіток

Обробіток ґрунту під посів кукурудзи важливий вид роботи тому, що дуже важливо обробити ґрунт саме на ту глибину на, яку проводиться посів насіння. Ґрунт в якій ми висіватимемо насіння повинен бути саме головне без великих грудок і нерівностей тобто висота гребенів повинна бути не більше 2-3 см.

а) агротехнічні вимоги до первісного обробітку ґрунту.

1. Після обробітку ґрунту не повинні залишатись на полі грудки.

2. Поверхневий обробіток проводять на глибину 6 - 8 см.

3. Відхилення середньої глибини обробітку не повинно бути більше ± 1 см від заданої.

4. Поверхню оброблювального поля вирівняти, висота гребенів не повинна перевищувати 2 - 3 см.

5. Після закінчення передпосівного обробітку обробити поворотні смуги не залишаючи огріхів, і необроблених клинів.

б) розрахунок та обґрунтування складу МТА і вибір режимів його роботи.

Обґрунтуємо енергетичний засіб: трактор ХТА-250-30 та агрегат для передпосівного обробітку ґрунту. Виберемо агротехнічно допустимі швидкості руху при роботі даного агрегату $V_p = 6 \dots 9$ км/год – для фрезерування так, як принцип роботи агрегату подібний до принципу роботи фрези. [7]

Вибираємо діапазон передач трактора ХТА-250-30 в відповідності до агротехнічно допустимих швидкостей. Випишуємо V_p і P_r для даних передач з тягової характеристики трактора. Нами вибрано дві найбільш підходящих передачі 4 і 5. [12, 13]

4) $V_p = 7,3$ км/год; $P_r = 15,4$ кН.

5) $V_p = 8,3$ км/год; $P_r = 13,7$ кН.

Так, як наш агрегат приводиться від ВВП то приймаємо за максимальну ширину захвату його конструктивну із-за того, що агрегатується одна машина.

$$B_{\text{пвх}} = B_k = 4,2 \text{ м}$$

Попередньо визначивши, що агрегатується з трактором одна машина, визначимо опір зкомплектованого агрегату.

$$R_a = k \cdot b_m + G_m \left(\lambda \cdot f_{\text{тр}} + \frac{i}{100} \right) + R_{\text{ВВП}} \quad (2.9)$$

де K – питомий опір ґрунту, кН/м ($K = 0,5 \dots 0,8$ кН/м беремо по максимуму = 0,8); [8]

B_m – ширина захвату машини, м;

G_m – вага машини, кН;

λ – коефіцієнт, що характеризує ступінь завантаження робочих коліс трактора начіпною машиною, приймаємо ($\lambda = 1,1$); [9]

$f_{\text{тр}}$ – коефіцієнт опору перекочуванню трактора ($f_{\text{тр}} = 0,6$ для культивованого поля); [13]

i – рельєф, % ($i = 3\%$);

$R_{\text{ВВП}}$ – опір від ВВП, кН.

Визначимо опір від дії ВВП за формулою:

$$R_{BВП} = \frac{10^4 \cdot N_{BВП} \cdot \eta_m \cdot i_{mp}}{r_k \cdot n_{\partial\delta} \cdot \eta_{BВП}} \quad (2.10)$$

де $N_{BВП}$ – потужність на ВВП, що витрачається для приведення машини в дію, кВт.

η_m – механічний ККД;

$i_{тр}$ – передаточне число трансмісії;

r_k – динамічний радіус кочення трактора, м;

$n_{дв}$ – частота обертання колінчатого валу двигуна, хв.⁻¹

$\eta_{BВП}$ – коефіцієнт корисної дії ВВП.

$$R_{BВП}^4 = \frac{10^4 \cdot 10 \cdot 0.985 \cdot 68}{0.708 \cdot 2200 \cdot 0.96} = 4.48 \text{ кН}$$

$$R_{BВП}^5 = \frac{10^4 \cdot 10 \cdot 0.985 \cdot 57.4}{0.708 \cdot 2200 \cdot 0.96} = 3.78 \text{ кН}$$

$$R_a^4 = 0.6 \cdot 4.2 + 6.72 \left(1.1 \cdot 0.6 + \frac{3}{100} \right) + 4.48 = 15.29 \text{ кН}$$

$$R_a^5 = 0.6 \cdot 4.2 + 6.72 \left(1.1 \cdot 0.6 + \frac{3}{100} \right) + 3.78 = 14.59 \text{ кН}$$

Розраховуємо техніко-економічні показники (завантаження). Коефіцієнт використання сили тяги

$$\zeta_{P_2} = \frac{R_a}{P_r} \quad (2.11)$$

де P_r – сила тяги на гаку трактора на заданій передачі, кН.

$$\zeta_{P_2}^4 = \frac{15.29}{15.4} = 0.99$$

$$\zeta_{P_2}^5 = \frac{14.59}{15.4} = 1.06$$

Коефіцієнт використання ефективної потужності двигуна

$$\zeta_{N_e} = \frac{N_e}{N_{ен}} \quad (2.12)$$

$$N_e = \frac{\left[R_a + G_{тр} \cdot \left(f_{mp} + \frac{1}{100} \right) \right] \cdot V_p}{3.6 \cdot \eta_m \cdot \eta_{\delta}} \quad (2.13)$$

де $G_{тр}$ – вага трактора, кН.;

N_e – номінальна потужність двигуна на даній передачі, кВт;

$N_{ен}$ – номінальна потужність двигуна, кВт;

V_p – робоча швидкість руху на даній передачі, м/с;

η_m – механічний ККД;

η_{δ} – ККД буксування.

$$N_e^4 = \frac{\left[15.29 + 33.45 \cdot \left(0.6 + \frac{3}{100} \right) \right] \cdot 7.3}{3.6 \cdot 0.985 \cdot 0.805} = 78.52 \text{ кВт}$$

$$N_e^5 = \frac{\left[15.29 + 33.45 \cdot \left(0.6 + \frac{3}{100} \right) \right] \cdot 8.3}{3.6 \cdot 0.985 \cdot 0.849} = 59.32 \text{ кВт}$$

$$\zeta_{N_e}^4 = \frac{55.46}{58.9} = 0.94$$

$$\zeta_{N_e}^5 = \frac{59.32}{58.9} = 1.007$$

Вибираємо четверту передачу.

в) розрахунок та обґрунтування складу МТА і вибір режиму роботи.

Вибираємо човниковий спосіб руху так, як він найбільш високо продуктивний. Схема його приведена на рисунку 2.1.

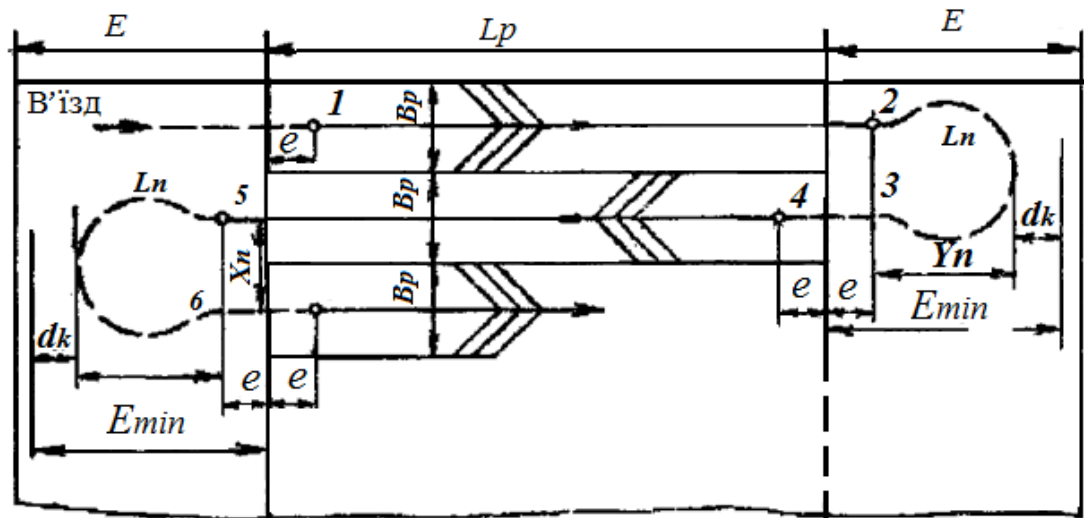


Рисунок 2.1. – Схема способу руху агрегату човником

$$L_a = L_{mp} + L_m \quad (2.14)$$

де L_a – довжина агрегата, м;

L_{mp} – довжина трактора, м;

L_m – довжина машини, м.

$$L_a = 2.45 + 1.14 = 3.59 \text{ м}$$

$$e = 0.5 \cdot L_K \quad (2.15)$$

$$e = 0.5 \cdot 3.59 = 1.795 \text{ м}$$

$$d_K = 0.5 \cdot B_p \quad (2.16)$$

$$d_K = 0.5 \cdot 4.2 = 2.1$$

Знайдемо радіус повороту МТА.

$$R_0 = 1.5 \cdot B_p \cdot k_r \quad (2.17)$$

де k_r – поворотний коефіцієнт для швидкості ($V_p=7,3$ м/с – приймаємо $k_r = 1.06$).[6]

$$R_0 = 1.5 \cdot 4.2 \cdot 1.06 = 6.68 \text{ м}$$

Вид розвороту для даного агрегату вибираємо петльовий. Так, як коефіцієнт робочих ходів в нього найбільший. Схему даного розвороту показано на рисунку 2.2.

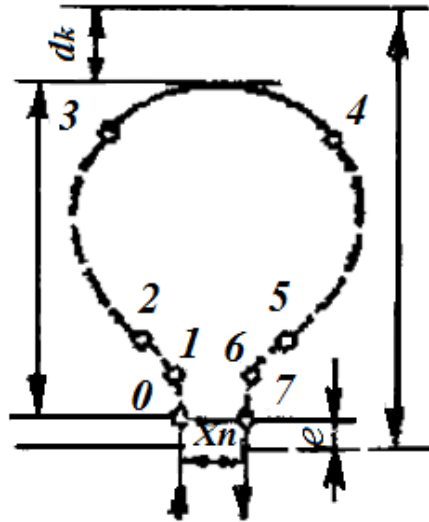


Рисунок 2.2 – Схема петльового розвороту.

$$L_x = (6.6 \dots 8) \cdot R_0 + 2 \cdot e \quad (2.18)$$

$$L_x = (6.6 \dots 8) \cdot 6.68 + 2 \cdot 1.795 = 47.67 \dots 57.03 \text{ м}$$

Приймаємо 50,4 м

$$E_{\min} = 2.8 \cdot R_0 + e + d_k \quad (2.19)$$

$$E_{\min} = 2.8 \cdot 6.68 + 1.795 + 2.1 = 22.59 \text{ м}$$

Приймаємо 25,2 м

Знайдемо довжину робочого ходу

$$L_p = L - 2 \cdot E_{\min} \quad (2.20)$$

де L – довжина гону, м (згідно сівозміні, що використовується в господарстві вибираємо поле №7 з його розмірами $L = 1600$ м $H = 1520$ м)

$$L_p = 1600 - 2 \cdot 25.2 = 1549.6 \text{ м}$$

Знайдемо коефіцієнт робочих ходів

$$\varphi = \frac{L_p}{L_p + L_x} \quad (2.21)$$

$$\varphi = \frac{1549.6}{1549.6 + 50.4} = 0.97$$

г) підготовка агрегату до роботи

Приведемо схему агрегату на рисунку 2.3

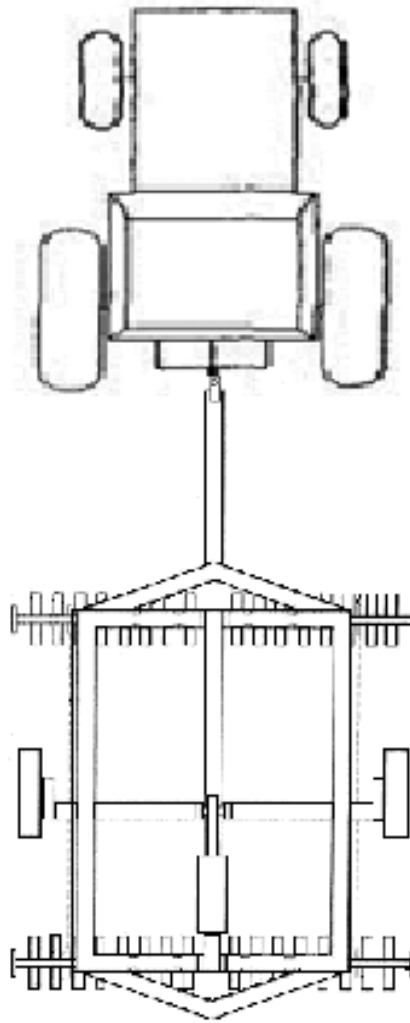


Рисунок 2.3 - Схема агрегату.

1. Змастити всі ланцюги солідолом.
 2. Перевірити натяг ланцюгів (8) та (9).
 3. Перевірити натяг розтяжок (на схемі вони умовно зняті).
 4. Візуально оглянути справність робочих агрегатів (зубів), якщо є зламані або пошкодженні замінити їх на нові.
 5. Встановити навісний пристрій (кутник) на навіску трактора.
 6. Начепити агрегат.
 7. Під'єднати карданну передачу приводу агрегату.
 8. Перевірити справність агрегату, запустивши його в роботу на холостому ходу, в підвішеному стані, на навісці трактора.
- д) підготовка поля до роботи та організація роботи на полі. При підготовці поля до роботи здійснюють такі операції:
1. Прибрати різні сторонні предмети (каміння, залізні предмети і т.д.).

2. Розбивають поле на загінки, відбирають поворотні смуги, розбивають поле на задану кількість загінок).

3. Провішують лінію першого проходу агрегату.

4. Відмічають на полі небезпечні зони (обвали, яри).

Організація роботи:

1. Вибираємо човниковий спосіб руху.

2. Виводять агрегат на поворотну смугу. Вибрали швидкісний режим по оптимальному завантаженню двигуна. Перший прохід роблять по вішках та уважно слідкують за його прямолінійністю.

є) розрахунок основних показників використання МТА.

Визначаємо тривалість робочого часу на протязі зміни:

$$T_p = \frac{T_{зм} - (T_{пз} + T_{пер} + T_0 + T_{пф})}{1 + \tau_{нов}} \quad (2.22)$$

де $T_{зм}$ – тривалість зміни ($T_{зм} = 7\text{год}$), год.; [4]

$T_{пз}$ – підготовчо-заклучний час, год., $T_{пз} = 40\ldots 60$ хв (приймаємо $45\text{хв} = 0,75\text{год}$); [4]

T_0 - час на ТО, год., $T_0 = 9\ldots 20$ хв (приймаємо $10\text{ хв} = 0,166\text{ год}$); [4]

$T_{пер}$ – час переїздів, год., $T_{пер} = 2\text{хв}$ ($0,03\text{ год}$); [4]

$T_{пф}$ – час працівника на побутово-фізіологічні потреби, год., $T_{пф} = 30\text{хв}$ ($0,5\text{год}$). [4]

Визначаємо коефіцієнт тривалості поворотів:

$$\tau_{нов} = \frac{1 - \varphi}{\varphi} \quad (2.23)$$

де φ – коефіцієнт робочих ходів

$$\tau_{нов} = \frac{1 - 0,97}{0,97} = 0,031$$

$$T_p = \frac{7 - (0,03 + 0,75 + 0,166 + 0,5)}{1 + 0,031} = 5,38\text{год}$$

Розрахуємо погектарну витрату палива.

$$g_{га} = \frac{G_{тр} \cdot T_p + G_{тх} \cdot T_x + G_{то} \cdot T_0}{W_{зм}} \quad (2.24)$$

де $G_{тр} = 12\text{ кг/год}$ – витрата палива трактором при роботі; [7]

$G_{тх} = 6\text{ кг/год}$ – витрата палива трактором при розворотах; [7]

$G_{то} = 1,4\text{кг/год}$ – витрата палива трактором при технологічному обслуговуванні.

T_x , T_0 , T_p – відповідно час роботи трактора при холостому ході, при зупинках та при виконанні роботи, год.

$$T_x = T_{нов} + T_{пер} = (T_p \cdot \tau_{нов}) + T_{пер} \quad (2.25)$$

$$T_x = (5,38 \cdot 0,031) + 0,03 = 0,196 \text{ год}$$

$$T_0 = T_0 + T_{нф} \quad (2.26)$$

$$T_0 = 0,166 + 0,5 = 0,66 \text{ год}$$

$$g_{га} = \frac{12 \cdot 5,38 + 6 \cdot 0,196 + 1,4 \cdot 0,66}{16,49} = 4,04 \text{ кг / га}$$

$$W_{зм} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot T_p \quad (2.27)$$

$$W_{зм} = 0,1 \cdot 4,2 \cdot 7,3 \cdot 5,38 = 16,49 \text{ га / зм}$$

Розрахункові витрати часу на виконання роботи

$$h = \frac{(n_{мех} + n_{д}) \cdot T_{зм}}{W_{зм}} \quad (2.28)$$

де $n_{мех}$ – кількість механізаторів, чол;

$n_{д}$ – кількість допоміжних працівників, чол.

$$h = \frac{(1 + 0) \cdot 7}{16,49} = 0,424 \text{ год / га}$$

Розрахунки питомих енерговитрат:

$$A = \frac{N_2}{W_{год}} \quad (2.29)$$

де N_2 – часова потужність трактора на III передачі, кВт;

$W_{год}$ – годинна продуктивність агрегату, га/год.

$$W_{год} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \quad (2.30)$$

$$W_{год} = 0,1 \cdot 4,2 \cdot 7,3 = 3,06 \text{ га / год}$$

$$A = \frac{31,2}{3,06} = 10,19 \text{ кВт / га}$$

Розрахунок прямих експлуатаційних витрат коштів:

$$S_{нр} = S_a + S_{пто} + S_{пмм} + S_{зп} \quad (2.31)$$

де S_a – амортизаційні відрахування (відрахування на реновацію), грн.;

$S_{пто}$ – витрати на помічні ремонти і ТО, грн.;

$S_{пмм}$ – вартість ПММ, грн.;

$S_{зп}$ – витрати на заробітну плату, грн.

$$S_A = \frac{B_{нр1}(a_{1нр} + a_{2нр})}{100 \cdot T_{нтр} \cdot W_{год}} + \frac{B_{м} \cdot a_{1м}}{100 \cdot T_{нм} \cdot W_{год}} \quad (2.32)$$

де $B_{тр}$, $B_{н}$ – балансова вартість, відповідно, трактора і машини, грн.;

$a_{1тр}$, $a_{1м}$ – норма відрахувань на реновацію, відповідно, трактора і машини, грн.;

$a_{2тр}$ – відрахування на капремонт, грн.;

$W_{год}$ – годинна продуктивності агрегату, га/год;

$T_{нтр}$, $T_{м}$ – нормативне річне завантаження трактора, машини, год.

$$S_A = \frac{570000(12.5 + 4.0)}{100 \cdot 1200 \cdot 3.06} + \frac{118000 \cdot 14.2}{100 \cdot 260 \cdot 3.06} = 45,3 \text{ грн/га}$$

Розрахуємо витрати на допоміжні ремонти і ТО:

$$S_{пто} = \frac{B_{mp} \cdot a_{1mp}}{100 \cdot T_{нmp} \cdot W_{год}} + \frac{B_m \cdot a_{1m}}{100 \cdot T_{нm} \cdot W_{год}} \quad (2.33)$$

де $a_{1тр}$, $a_{1м}$ – норма відрахувань на поточний ремонт і ТО трактора, машини, грн.

$$S_{пто} = \frac{570000 \cdot 22}{100 \cdot 1200 \cdot 3.06} + \frac{118000 \cdot 16}{100 \cdot 260 \cdot 3.06} = 57,7 \text{ грн/га}$$

Розраховуємо витрату коштів на паливо - мастильні матеріали (ПММ).

$$S_{пмм} = g_{га} \cdot C_{пмм} \quad (2.34)$$

де $C_{пмм}$ - комплексна ціна ПММ, грн/кг., ($C_{пмм}=50,5$ грн/кг)

$$S_{пмм} = 4.04 \cdot 50.5 = 204,02 \text{ грн/га}$$

Витрати на заробітну плату розраховуються за такою формулою:

$$S_{зн} = \frac{f_m \cdot K_{нар} \cdot K_{доп}}{W_{год}} \quad (2.35)$$

де f_m – зміна тарифна ставка механізатора, грн.;

$K_{нар}$ – коефіцієнт, що враховує нарахування на заробітну плату ($K_{нар}=1,5$ приймаємо);

$K_{доп}$ – коефіцієнт, що враховує доплату за класність, за швидкість роботи, за стаж роботи, за якість та своєчасність виконання ($K_{доп} = 1,2$).

$$S_{зн} = \frac{170 \cdot 1.5 \cdot 1.2}{3.06} = 100 \text{ грн/га}$$

$$S_{нр} = 45.39 + 57.7 + 204.02 + 100 = 407.101 \text{ грн/га}$$

є) контроль якості.

Тракторист машиніст, починаючи роботу, повинен визначити глибину обробітку на початку, середні і в кінці поля не менше чим в трьох точках по ширині захвату агрегату. Середня глибина обробітку не повинна відрізнятися від заданої більш ніж на +1 см. Не допускати огріхів і пропусків. Приймальник роботи по закінченню або в процесі її виконання приводить оцінку по показникам, приведені в табл. 2.5.

Таблиця 2.5

Показники контролю якості.

Показники	Градуювання нормативів	Бал	Спосіб заміру
-----------	------------------------	-----	---------------

Відхилення глибини обробітку при обробітку, см 10	до 1	3	В 15...20 місцях по діагоналі ділянки виміряти лінійкою глибину обробітку.
	1...1,5	1	
	більше 1,5	0	
вище 10	до 2	3	
	2...2,5	1	
	більше 2,5	0	
Кількість ґрунтових грудків діаметром 4 см. шт./м ²	до 20	3	В 15...20 місцях по діагоналі ділянки накласти рамку 1×1м і підрахувати кількість ґрунтових грудків.
	20...30	2	
	Більше 30	1	

Розрахунки операційної карти на передпосівний обробіток ґрунту показано на аркуші 4 графічної частини.

2.3.2. Посів кукурудзи на зерно

Від того, як ми посіємо насіння кукурудзи дуже залежить вихід валової продукції в майбутньому. Отже за мету потрібно ставити: посіяти в оптимальні строки з заданою нормою висіву та заробити не менше 90 % насінин на потрібну глибину і в вологий шар ґрунту при одночасному внесенні добрив.

а) агротехнічні вимоги до посіву кукурудзи на зерно [8].

1. Для сівби застосовують виключно насіння тільки I класу, яке попередньо обробляють пестицидами [8].

2. Оптимальний початок посівної кампанії визначається за умови, що середньодобова температура ґрунту на глибині 20 см становить 10-12°C. Загальна тривалість посівних робіт не повинна перевищувати 5-6 днів, а посів на одному полі має бути завершений протягом 1-2 дні. [8]

3. Допустимі відхилення глибини висіву насіння та загортання добрив становить $\pm 1,0$ см. [8]

4. Відхилення норми висіву насіння допускається в межах $\pm 5... \pm 8$ %. [8]

5. Відхилення інтервалу між насінинами ± 30 % від розрахункової величини [8].

6. Відхилення при внесенні добрив може становити до ± 10 % від загальної норми. [8]

7. Відхилення ширини міжрядь: для стикових – до ± 5 см, для основних – ± 1 см.

8. Відхилення осьової лінії рядка на довжині 50 см не повинно перевищувати 5 см.

9. Пропуски на поворотних смугах, а також незасіяної ділянки не допускаються. [8]

б) розрахунок та обґрунтування складу МТА і вибір режимів його роботи.

Обґрунтуємо енергетичний засіб: трактор John Deere 8335RT 2012 та сіялку СУПН-12. Виберемо агротехнічно допустимі швидкості руху при роботі даного агрегату $V_p=6,5\ldots 9$ км/год. [8]

Вибираємо діапазон передач трактора John Deere 8335RT 2012 в відповідності до агротехнічно допустимих швидкостей. Випишемо V_p і P_T для даних передач з тягової характеристики трактора. Нами вибрано дві найбільш підходящих передачі 5 і 6.

5) $V_{p4} = 6,9$ км/год.; $P_{T4}=19,4$ кН.; $N_T=37,2$ кВт; $\delta = 2,8\%$.

6) $V_{p5} = 8,3$ км/год.; $P_{T5} = 13,7$ кН.; $N_T = 36,0$ кВт; $\delta = 2,2\%$.

Розраховуємо максимальну ширину захвату для даних передач:

$$B_{\max} = \frac{P_z - R_{ВВП}}{k + g_m \left(\lambda \cdot f_{mp} + \frac{i}{100} \right)} \quad (2.36)$$

де $B_{\max}$ – максимально можлива ширина захвату агрегату по завантаженню трактора, м;

P_T – сила тяги на гаку трактора, кН.;

$R_{ВВП}$ – опір від ВВП, кН.;

k – питомий опір ґрунту, кН./м;

g_m – вага машини, що припадає на одиницю ширини захвату агрегату, кН.;

$$g_m = \frac{G_m}{b_k} \quad (2.37)$$

$$g_m = \frac{25.0}{8.4} = 2.97 \text{ кН / м}$$

i – рельєф, %;

λ – коефіцієнт, що враховує довантаження задньої осі трактора начіпною машиною;

$f_{тр}$ – коефіцієнт опору перекошування трактора.

Зробимо розрахунок для 5 та 6 передачі трактора:

$$B_{\max}^5 = \frac{19.4 - 2.48}{1.4 + 2.97 \left(1.1 \cdot 0.11 + \frac{3}{100} \right)} = 9.32 \text{ м}$$

$$B_{\max}^6 = \frac{19.4 - 2.16}{1.4 + 2.97 \left(1.1 \cdot 0.11 + \frac{3}{100} \right)} = 7.57 \text{ м}$$

Визначимо опір від дії ВВП за формулою:

$$R_{ВВП} = \frac{10^4 \cdot N_{ВВП} \cdot \eta_m \cdot i_{тр}}{r_k \cdot n_{дв} \cdot \eta_{ВВП}} \quad (2.38)$$

де $N_{ВВП}$ – потужність на ВВП, що витрачається для приведення машини в дію, кВт.

η_m – механічний ККД;

$i_{тр}$ – передаточне число трансмісії;

r_k – динамічний радіус кочення трактора, м;

$n_{дв}$ – частота обертання колінчатого валу двигуна, хв.⁻¹;

$\eta_{ВВП}$ – коефіцієнт корисної дії ВВП.

$$\eta_m = \eta_{цмл}^\alpha \cdot \eta_{кон}^\beta \cdot \eta_\epsilon \quad (2.39)$$

де $\eta_{цмл}$ – ККД циліндричної пари шестерень;

$\eta_{кон}$ – ККД конічної пари шестерень;

α – кількість циліндричних шестерень, що знаходяться під навантаженням;

β – кількість циліндричних шестерень, що знаходяться під навантаженням на відповідній передачі;

η_ϵ – ККД гусеничного ланцюга.

$$\eta_m^5 = 0,985^4 \cdot 0,975^1 \cdot 0,95 = 0,872$$

$$\eta_m^6 = 0,985^3 \cdot 0,975^1 \cdot 0,95 = 0,885$$

$$R_{ВВП}^5 = \frac{10^4 \cdot 3,5 \cdot 0,872 \cdot 38,7}{0,326 \cdot 2100 \cdot 0,96} = 2,48 \text{ кН}$$

$$R_{ВВП}^6 = \frac{10^4 \cdot 3,5 \cdot 0,885 \cdot 33,1}{0,326 \cdot 2100 \cdot 0,96} = 2,16 \text{ кН}$$

Визначаємо кількість машин в агрегаті:

$$N_m = \frac{B_{max}}{b_m} \quad (2.40)$$

де b_m – конструктивна ширина захвату машини, м.

$$N_m = \frac{9,32}{8,4} = 1,1 \approx 1 \text{ машина}$$

$$N_m = \frac{7,57}{8,4} = 0,9 \approx 0$$

Шоста передача відпадає, так як трактор не потягне жодної машини.

Розраховуємо опір МТА для всіх вибраних передач:

$$R_a = k \cdot b_m + G_m \cdot \left(\lambda \cdot f_{тр} + \frac{i}{100} \right) + R_{ВВП} \quad (2.41)$$

де k – питомий опір ґрунту, кН/м ($k = 1,4$ кН/м); [8]

B_m – ширина захвату машини, м;

G_m – вага машини, кН;

λ – коефіцієнт, що характеризує ступінь завантаження робочих коліс трактора на чіпую машинною, приймаємо ($\lambda = 1,1$); [9]

$f_{тр}$ – коефіцієнт опору перекошуванню трактора ($f_{тр}=0,6$ для культивованого поля);

i – рельєф, % ($i = 3\%$).

$$R_a^5 = 1.4 \cdot 8.4 + 25.0 \cdot \left(1.1 \cdot 0.11 + \frac{3}{100} \right) + 2.48 = 18.0 \text{ кН}$$

Розраховуємо техніко економічні показники (показники завантаження).

Коефіцієнт використання сили тяги

$$\zeta_{P_r} = \frac{R_a}{P_r} \quad (2.42)$$

де P_r – сила тяги на гаку трактора на заданій передачі, кН.

$$\zeta_{P_r} = \frac{18.0}{19.5} = 0.92$$

Коефіцієнт використання ефективної потужності двигуна

$$\zeta_{N_e} = \frac{N_e}{N_{en}} \quad (2.43)$$

$$N_e = \frac{\left[R_a + G_{mp} \cdot \left(f_{mp} + \frac{1}{100} \right) \right] \cdot V_p}{3.6 \cdot \eta_m \cdot \eta_\delta} \quad (2.44)$$

де $G_{тр}$ – вага трактора, кН.;

N_e – номінальна потужність двигуна на даній передачі, кВт;

N_{en} – номінальна потужність двигуна, кВт;

V_p – робоча швидкість руху на даній передачі, м/с;

η_m – механічний ККД;

η_δ – ККД буксування.

$$\eta_\delta = 1 - \frac{\delta}{100} \quad (2.45)$$

де δ – коефіцієнт буксування трактора, %.

$$\eta_\delta^5 = 1 - \frac{2.8}{100} = 0.972 \quad (2.46)$$

$$N_e = \frac{\left[18.0 + 44.8 \cdot \left(0.11 + \frac{3}{100} \right) \right] \cdot 6.9}{3.6 \cdot 0.872 \cdot 0.972} = 50.89 \text{ кВт}$$
$$\zeta_{N_e} = \frac{50.89}{51.5} = 0.98$$

Вибираємо п'яту передачу.

в) розрахунок та обґрунтування складу МТА і вибір режиму роботи.

Вибираємо човниковий спосіб руху так, як він найбільш високо продуктивний.

$$L_a = L_{mp} + L_m \quad (2.47)$$

де L_a – довжина агрегата, м;

L_{mp} – довжина трактора, м;

L_m – довжина машини, м.

$$L_a = 1.85 + 1.2 = 3.05 \text{ м}$$

$$e = 0.5 \cdot L_a \quad (2.48)$$

$$e = 0.5 \cdot 3.05 = 1.525 \text{ м}$$

$$d_k = 0.5 \cdot B_p \quad (2.49)$$

$$d_k = 0.5 \cdot 8.4 = 4.2$$

Знайдемо радіус повороту МТА.

$$R_0 = 1.5 \cdot B_p \cdot k_r \quad (2.50)$$

де k_r – поворотний коефіцієнт для швидкості ($V_p=7,3$ м/с – приймаємо $k_r=1.06$). [11]

$$R_0 = 1.5 \cdot 8.4 \cdot 1.08 = 13.97 \text{ м}$$

Вид розвороту для даного агрегату вибираємо петльовий грушовидний. Так, як коефіцієнт робочих ходів в нього найбільший.

$$L_x = (6.6 \dots 8) \cdot R_0 + 2 \cdot e \quad (2.51)$$

$$L_x = (6.6 \dots 8) \cdot 13.97 + 2 \cdot 1.525 = 95.25 \dots 114.81 \text{ м}$$

Приймаємо 100,8 м

$$E_{\min} = 2.8 \cdot R_0 + e + d_k \quad (2.52)$$

$$E_{\min} = 2.8 \cdot 13.97 + 1.525 + 4.2 = 44.9 \text{ м}$$

Приймаємо 50,4 м

Знайдемо довжину робочого ходу

$$L_p = L - 2 \cdot E_{\min} \quad (2.53)$$

де L – довжина гону, м (згідно сівозміні, що використовується в господарстві вибираємо поле №7 з його розмірами $L = 1600$ м $H = 1520$ м.

$$L_p = 1600 - 2 \cdot 50.4 = 1499.2 \text{ м}$$

Знайдемо коефіцієнт робочих ходів

$$\varphi = \frac{L_p}{L_p + L_x} \quad (2.54)$$

$$\varphi = \frac{1499.2}{1499.2 + 100.8} = 0.94$$

г) підготовка агрегату до роботи

1. Перед початком роботи необхідно перевірити комплектність посівного агрегату, технічний стан трактора та сівалки, а також правильність збирання елементів сівалки. У даному випадку йдеться про підготовку трактора John Deere 8335RT (2012 року випуску) у комплекті з пневматичною сівалкою СУПН-12.

2. Підготовка включає виконання як загальних процедур, так і спеціальних дій, пов'язаних із конструктивними особливостями сівалки СУПН-12. Зокрема, мова йде про перевірку ексгаустера приводу від валу відбору потужності (ВВП), системи контролю висіву та гідроприводу висівних апаратів.

3. Регулювання начіпної системи. Довжина розкосів 515 мм центральної тяги 600...650 мм.

4. Встановлення противаг на трактор.

5. Встановлення авто зчіпки.

6. З'єднання з робочою машиною.

Підготовка сівалки СУПН-12.

1. Підключення ВВП трактора.

2. Перевірка сошників сівалки на задану ширину міжрядь (700 мм) встановлення сівалки на задану глибину, шляхом перестановки шплінтів в отворах регулювальних коліс. Положення шплінта в нижньому отворі мінімальне в верхньому максимальне

3. Встановлюється висівні апарати на задану норму висіву, шляхом підбору необхідного передаточного числа механізму приводу висіваючи апаратів і кількістю отворів висівних дисків. Застосовуються висівні диски з числом отворів 14 і 22. Схема встановлення сівалки на задану норму висіву показано на рисунку 2.4.

4. Зірочки:

а) коробки переміни передач з числом $z=21; 19; 12$ і зірочки групи

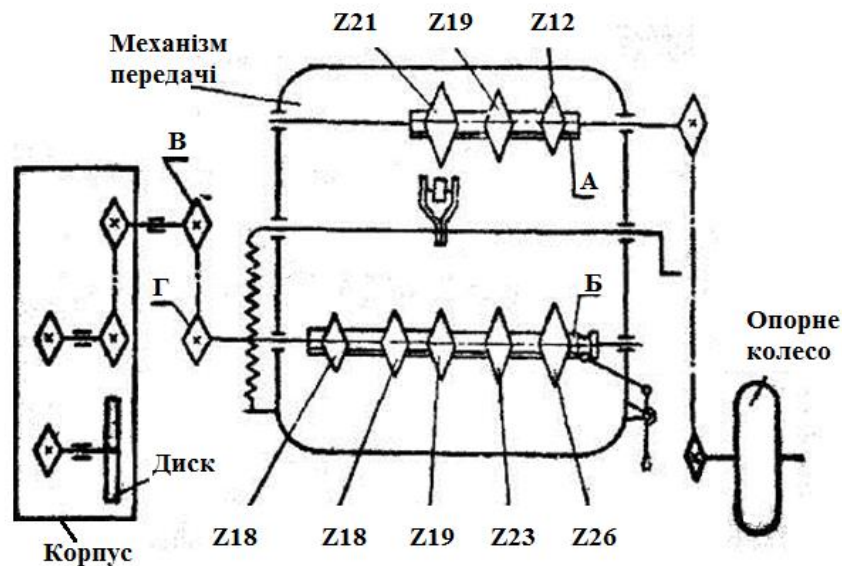


Рисунок 2.4 - Схема встановлення сівалки на задану норму висіву.

б) $z = 13; 15; 19; 23; 26$. Додаткові передаточні числа можна отримати перестановкою місцями зірочок в) $z=7$; г) $z=5$.

5. Норму висіву добрив регулюється в межах від 50 до 450 кг/га.

6. Встановлюється виліт маркера. [10]

д) Підготовка поля до роботи та організація роботи на полі.

1. Розмір загінки повинен відповідати денній продуктивності агрегату. Для сівалки СУПН-12 ширина поворотної смуги повинна бути не менше 3-4 проходи агрегату.

2. Спосіб руху човниковий.

3. Визначаються місця заправки добривами та посівним матеріалом.

4. Перевіряють стан полів, а також під'їздних доріг, прибирають перешкоди, що мішають роботі машин.

є) розрахунок основних показників використання МТА.

Визначаємо тривалість робочого часу на протязі зміни:

$$T_p = \frac{T_{zm} - (T_{пз} + T_{пер} + T_0 + T_{ТО} + T_{пф})}{1 + \tau_{нов} + \tau_{тех}} \quad (2.55)$$

де $T_{зм}$ — час зміни ($T_{зм} = 7$ год), год.;

$T_{пз}$ — підготовчо-заклучний час, год., $T_{пз} = 40 \dots 60$ хв (приймаємо 45 хв = 0,75 год) [3].

T_0 — час на технічне обслуговування, год., $T_0 = 9 \dots 20$ хв (приймаємо 10 хв = 0,166 год) [3].

$T_{ТО}$ — час на технологічне обслуговування, год., [3].

$T_{пер}$ — час переїздів, год., $T_{пер} = 2$ хв (0,03 год), [3].

$T_{пф}$ — час на власні потреби, год., $T_{пф} = 30$ хв (0,5 год), [3].

Розрахуємо коефіцієнт тривалості поворотів:

$$\tau_{нов} = \frac{1-\varphi}{\varphi} \quad (2.56)$$

де φ – коефіцієнт робочих ходів;

$$\tau_{нов} = \frac{1-0,94}{0,94} = 0,064$$

Розрахуємо коефіцієнт тривалості технологічного обслуговування:

$$\tau_{тех} = t_{зав} \frac{W_{год} \cdot U}{60 \cdot V \cdot \gamma_n \cdot \psi \cdot n} \quad (2.57)$$

де $t_{зав}$ – час завантаження бункера сівалки, год ($t_{зав} = 0,06$ год)

$W_{год}$ – годинна продуктивність агрегату, га/год;

U – норма висіву насіння, кг/га [12]

V – об'єм бункера, m^3 [12]

γ_n – щільність насіння, m^3 [12]

ψ – коефіцієнт заповнення місткості бункера;

n – кількість бункерів.

$$\tau_{тех} = 0,06 \frac{5,8 \cdot 45}{60 \cdot 0,042 \cdot 0,75 \cdot 0,9 \cdot 12} = 0,76$$

$$T_p = \frac{7 - (0,03 + 0,83 + 0,33 + 0,06 + 0,5)}{1 + 0,031 + 0,76} = 5,25_{год}$$

Розрахуємо погектарну витрату палива.

$$g_{за} = \frac{G_{тр} \cdot T_p + G_{Тх} \cdot T_x + G_{Т0} \cdot T_0}{W_{зм}} \quad (2.58)$$

де $G_{тр} = 12$ кг/год – витрата палива трактором при роботі; [11]

$G_{Тх} = 6$ кг/год – витрата палива трактором при розворотах; [11]

$G_{Т0} = 1,4$ кг/год – витрата палива трактором при технологічному обслуговуванні.

T_x , T_0 , T_p – відповідно час роботи трактора при холостому ході, при зупинках та при виконанні роботи, год.

$$T_x = T_{нов} + T_{пер} = (T_p \cdot \tau_{нов}) + T_{пер} \quad (2.59)$$

$$T_x = (5,25 \cdot 0,064) + 0,03 = 0,366_{год}$$

$$T_0 = T_0 + T_{нф} + T_{обс} \quad (2.60)$$

$$T_0 = 0,06 + 0,33 + 0,5 = 0,89_{год}$$

$$g_{за} = \frac{13 \cdot 5,25 + 6 \cdot 0,366 + 1,4 \cdot 0,89}{30,43} = 2,35_{кг / га}$$

$$W_{зм} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot T_p \quad (2.61)$$

$$W_{зм} = 0,1 \cdot 8,4 \cdot 6,9 \cdot 5,25 = 30,43_{га / зм}$$

Розрахункові витрати часу на виконання роботи

$$h = \frac{(n_{\text{мех}} + n_{\text{д}}) \cdot T_{\text{зм}}}{W_{\text{зм}}} \quad (2.62)$$

де $n_{\text{мех}}$ – кількість механізаторів, чол;

$n_{\text{д}}$ – кількість допоміжних працівників, чол.

$$h = \frac{(1+0) \cdot 7}{30,43} = 0,23 \text{ год} / \text{га}$$

Розрахунки питомих енерговитрат:

$$A = \frac{N_{\text{г}}}{W_{\text{год}}} \quad (2.63)$$

де $N_{\text{г}}$ – часова потужність трактора John Deere 8335RT 2012 на V передачі, кВт;

$W_{\text{год}}$ – годинна продуктивність агрегату, га/год.

$$W_{\text{год}} = 0,1 \cdot B_{\text{р}} \cdot V_{\text{р}} \quad (2.64)$$

$$W_{\text{год}} = 0,1 \cdot 8,4 \cdot 6,9 = 5,79 \text{ га} / \text{год}$$

$$A = \frac{37,2}{5,79} = 6,42 \text{ кВт} / \text{га}$$

Розрахунок прямих експлуатаційних витрат коштів:

$$S_{\text{пр}} = S_{\text{а}} + S_{\text{рмо}} + S_{\text{пмм}} + S_{\text{зп}} \quad (2.65)$$

де $S_{\text{а}}$ – амортизаційні відрахування (відрахування на реновацію), грн.;

$S_{\text{рто}}$ – витрати на помічні ремонти і ТО, грн.;

$S_{\text{пмм}}$ – вартість ПММ, грн.;

$S_{\text{зп}}$ – витрати на заробітну плату, грн.

$$S_{\text{а}} = \frac{B_{\text{тр1}}(a_{1\text{тр}} + a_{2\text{тр}})}{100 \cdot T_{\text{нтр}} \cdot W_{\text{год}}} + \frac{B_{\text{м}} \cdot a_{1\text{м}}}{100 \cdot T_{\text{нм}} \cdot W_{\text{год}}} \quad (2.66)$$

де $B_{\text{тр}}$, $B_{\text{м}}$ – балансова вартість, відповідно, трактора і машини, грн.;

$a_{1\text{тр}}$, $a_{1\text{м}}$ – норма відрахувань на реновацію, відповідно, трактора і машини, грн.;

$a_{2\text{тр}}$ – відрахування на капремонт, грн.;

$W_{\text{год}}$ – годинна продуктивності агрегату, га/год;

$T_{\text{нтр}}$, $T_{\text{м}}$ – нормативне річне завантаження трактора, машини, год.

$$S_{\text{а}} = \frac{5970000(12,5 + 4,0)}{100 \cdot 1100 \cdot 5,79} + \frac{386000 \cdot 14,2}{100 \cdot 70 \cdot 5,75} = 296,96 \text{ грн} / \text{га}$$

Розрахуємо витрати на допоміжні ремонти і ТО:

$$S_{\text{рмо}} = \frac{B_{\text{тр}} \cdot a_{1\text{тр}}}{100 \cdot T_{\text{нтр}} \cdot W_{\text{год}}} + \frac{B_{\text{м}} \cdot a_{1\text{м}}}{100 \cdot T_{\text{нм}} \cdot W_{\text{год}}} \quad (2.67)$$

де $a_{1\text{тр}}$, $a_{1\text{м}}$ – норма відрахувань на поточний ремонти і ТО трактора, машини, грн.

$$S_A = \frac{5970000(18 + 4.0)}{100 \cdot 1100 \cdot 5.79} + \frac{386000 \cdot 16}{100 \cdot 70 \cdot 5.75} = 366.6 \text{ грн/га}$$

Розраховуємо витрату коштів на паливо-мастильні матеріали (ПММ).

$$S_{\text{п.м.м}} = g_{\text{га}} \cdot C_{\text{п.м.м}} \quad (2.68)$$

де $C_{\text{п.м.м}}$ - комплексна ціна ПММ, грн/кг., ($C_{\text{п.м.м}}=50,5$ грн/кг)

$$S_{\text{п.м.м}} = 2.35 \cdot 50.5 = 118,675 \text{ грн}$$

Витрати на заробітну плату розраховуються за такою формулою:

$$S_{\text{зн}} = \frac{f_{\text{м}} \cdot K_{\text{нар}} \cdot K_{\text{доп}}}{W_{\text{год}}} \quad (2.69)$$

де $f_{\text{м}}$ – зміна тарифна ставка механізатора, грн.;

$K_{\text{нар}}$ – коефіцієнт, що враховує нарахування на заробітну плату ($K_{\text{нар}}=1,5$ приймаємо);

$K_{\text{доп}}$ – коефіцієнт, що враховує доплату за класність, за швидкість роботи, за стаж роботи, за якість та своєчасність виконання ($K_{\text{доп}} = 1,2$).

$$S_{\text{зн}} = \frac{170 \cdot 1.5 \cdot 1.2}{5.79} = 52,8 \text{ грн/га}$$

$$S_{\text{пр}} = 296.96 + 366.6 + 118.675 + 52.8 = 835,1 \text{ грн/га}$$

є) контроль якості.

Контроль якості посіву оцінюють по показникам, приведеним в таблиці 2.6 [8].

Таблиця 2.6

Параметри, що контролюються і способи контролю [8].

Показники	Градація нормативів	Бал	Спосіб визначення
Відхилення від заданої глибини посіву насіння, см	До ± 1 Більше ± 1	3 0	Перевірити на першому робочому поході агрегату. Відкрити насіння не менше ніж в 3-5 місцях на всій ширині захвату сівалки і замірити глибину посіву.
Відхилення від середньої кількості насіння на 1 м рядка від заданого, %	До ± 5 $\pm 5 \dots \pm 10$ Більше ± 10	3 2 0	Відкрити насіння на 1 м рядка в кожному рядку по всій ширині захвату сівалки та підрахувати їх на 1 м рядка.

Відхилення ширини стикових міжрядь, см	До ± 5 Більше ± 5	2 0	Перевірити після другого і третього проходів агрегату. Відкрити насіння в рядках, що прилягають до стикового міжряддя, не менше ніж в 5 місцях по довжині гону і заміряти відстань між рядками лінійкою, або рулеткою.
Відхилення від прямолінійності рядків	До 3 4...8 Більше 8	2 1 0	Відбити шнуром на довжині 50 м базову лінію і через 0,5 м заміряти лінійкою або рулеткою відхилення від цієї лінії

2.4. Висновки по другому розділу

В даному розділі було наведення комплектування складу спеціалізованої механізованої ланки по виробництву кукурудзи. Складено виробничу програму для механізованої ланки. Наведені агротехнічні вимоги до первісного обробітку ґрунту та агротехнічні вимоги до посіву кукурудзи на зерно.

Здійснено розрахунок та обґрунтовано склад МТА і вибрано режими його роботи.

Наведено підготовку агрегату до роботи та підготовку поля до роботи та організація роботи на полі.

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКА РОЗРОБКА. ПРИСТРІЙ ДЛЯ ПЕРЕДПОСІВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

3.1 Необхідність застосування пристрою

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

Проектуємий агрегат для передпосівного обробітку ґрунту створений спеціально, щоб вирівнювати поверхню ґрунту на полях, створювати однорідну структуру, по фракційному складу, агрегатів ґрунту. Але головна задача даного агрегату знищення бур'янів без внесення передпосівного гербіциду. Дана сільськогосподарська машина вдало знищує такі бур'яни, як гірчиця польова, редька дика, капуста дика, щиріця, мишій та багато інших однорічних бур'янів. Як відомо цих бур'янів найефективніше можна позбутися обробітком ґрунту в період білої ниточки. Тобто при обробітку ґрунту даним агрегатом проросле насіння бур'янів, яке ще не встигло випустити на поверхню вегетативну масу тобто листки. Також цим пристроєм можна знищувати бур'яни в фазі вегетації, це значить рослини не більше 10-15 сантиметрів

3.2. Будова і робота пристрою

Розглянемо схему пристрою для передпосівного обробітку ґрунту на рисунку 3.1.

Пристрій для рихлення ґрунту ротаційного типу складається з рами 1, механізму навіски 2, гідроциліндра для піднімання і опускання блоку роторних дисків 3, опорні колеса 4, відомі роторні диски 5 обладнанні загнутими в сторону різальними ножами 8, ріжуча кромка відігнута паралельно площині обертання диску, зірочки привода роторних дисків 6, ведучі роторні диски 7, причому кожний диск має стержні великого перерізу з ножами.

Робота пристрою. Відрегульований пристрій навішується на трактор. За допомогою гідравлічної навіски 3 трактор опускає знаряддя на поверхню ґрунту. При русі по полю роторні диски входять в зачеплення з ґрунтом і починають обертатись. Ведучі диски передають обертання через ланцюгову передачу і крутний момент на зірочки, розміщенні на вісі кріплення відомих дисків. Це забезпечує зниження тягового опору обладнання.

Зуби відомих роторних дисків, і за рахунок різної кількості зубів на зірочці, відомі диски обертання з більшою швидкістю, ніж відомі роторні диски.

Ріжучі кромки дисків підрізають бур'яни і розпушують поверхневий шар ґрунту. При куті різання менше 40° і куті заточування 20° виникає недостатній опір, що забезпечує прослизання різальних кромek роторних дисків. Це призводить до повного підрізання бур'яну зі збереженням ґрунтової вологи. Як тільки ножі при обертанні виходять на поверхню поля, бур'яни скидаються зі стійок роторних дисків. Це попереджує намотування бур'яну на ріжучі кромки роторних дисків.

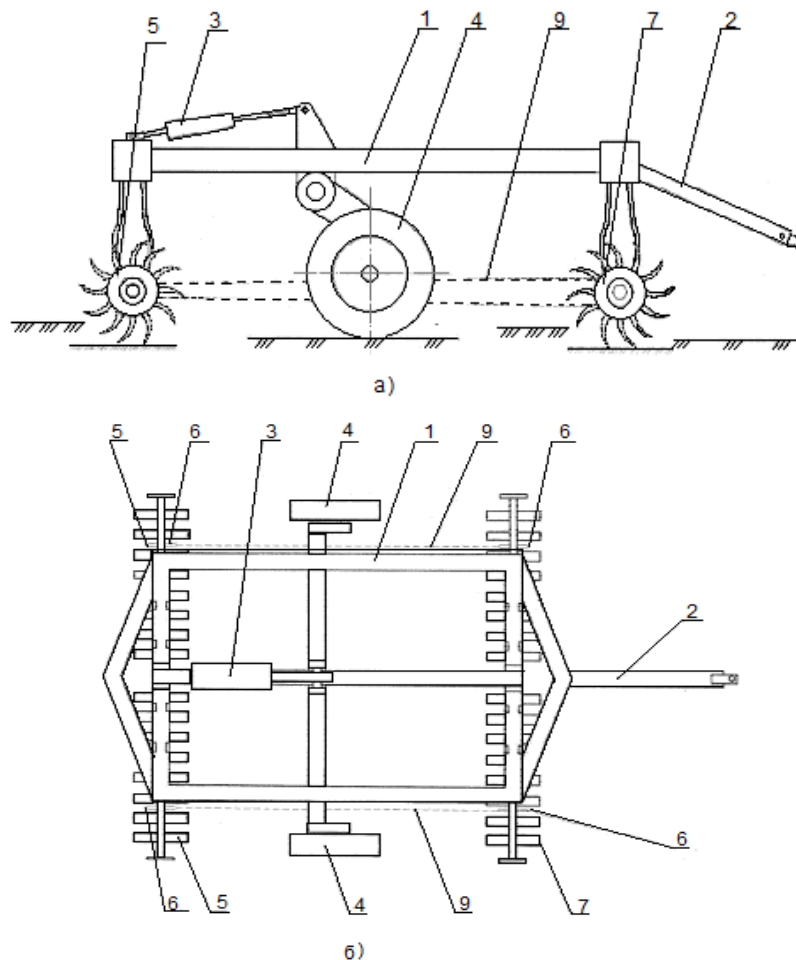


Рисунок 3.1. Схема пристрою для обробітку ґрунту: а) вигляд збоку; б) вигляд зверху: 1 – рама; 2 – механізм навіски; 3 – гідроциліндр; 4 – опорні

колеса; 5 – відомі роторні диски; 6 – зірочки привода роторних дисків; 7 – ведучі роторні диски; 8 – ніж; 9 – ланцюгова передача.

3.3 Інженерні розрахунки

Кінематичний розрахунок приводу агрегату для обробітку ґрунту

Крутний момент на барабані, Нм $M_b=330$

Частота обертання барабану, хв.⁻¹ $n_{\text{бар}}=250$

Визначення потужності, що передається вихідним валом.[13]

$$N_{\text{вих}} = M_{\text{в}} \cdot \omega \quad (3.1)$$

де $N_{\text{вих}}$ – потужність на вихідному валу агрегату, Вт, [8].

$M_{\text{в}}$ – крутний момент на барабані, Нм, [8].

$n_{\text{в}}$ – частота обертання вихідного валу агрегату, хв.⁻¹ [8].

ω – кутова швидкість валу, с⁻¹, [8].

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

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

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

Визначаємо загальний коефіцієнт корисної дії (ККД)

$$\eta_{\text{заг}} = \eta_{\text{к}} \cdot \eta_{\text{нід}}^2 \cdot \eta_{\text{зпк}} \cdot \eta_{\text{л}} \quad (3.3)$$

де $\eta_{\text{к}}$ – коефіцієнт корисної дії карданної передачі ($\eta_{\text{к}}=0,95$); $\eta_{\text{нід}}$ – підшипників ($\eta_{\text{нід}}=0,99$);

$\eta_{\text{зпк}}$ – конічної зубчатої передачі редуктора ($\eta_{\text{зпк}}=0.97$); $\eta_{\text{л}}$ – ланцюгової передачі ($\eta_{\text{л}}=0,92$) [8].

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

Розраховуємо потрібну потужність на ВВП.

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

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

З конструктивних міркувань частота обертання складає $n_{\text{ВВП}} = 1000$ хв.

Розраховуємо фактичне передаточне відношення і розподілимо його за ступенями приводу [8].

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

де U_{ϕ} – фактичне передаточне число; [8].

$N_{\text{ввп}}$ – частота обертання валу відбору потужності, хв⁻¹; [8].

$N_{\text{вих}}$ – частота обертання вихідного агрегату, хв⁻¹. [8].

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

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

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

де $U_{\text{ред}}$; $U_{\text{л}}$ – передаточне число редуктора та ланцюгової передачі відповідно:

$$U_{\text{ред}} = \frac{4}{2} = 2$$

Розраховуємо потужність та частоту обертання кожного валу приводу і крутні моменти. [8].

Потужність на вхідному валу визначаємо за наступною формулою: [8].

$$N_1 = N_{\text{ввп}} \cdot \eta_{\text{к}} \cdot \eta_{\text{нід}} \quad (3.7)$$

де N_1 – потужність на вхідному валу, Вт.

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

Крутний момент на вхідному валу визначаємо за формулою: [8].

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

де ω_1 – кутова швидкість на вхідному валу, с⁻¹, [8].

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

де N_1 – частота обертання на вхідному валу, хв.⁻¹, [8].

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

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

Потужність, що передається вихідним валом редуктора.

$$N_2 = N_1 \cdot \eta_{\text{нід}} \cdot \eta_{\text{зпк}} \quad (3.10)$$

де N_2 – потужність на вихідному валу редуктора, Вт, [8].

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

Крутний момент на проміжному валу.

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

де ω_2 – кутова швидкість на вихідному валу, с⁻¹, [8].

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

де N_2 – частота обертання на вхідному валу, хв.⁻¹, [8].

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

$$n_2 = \frac{1000}{2} = 500 \text{ хв}^{-1}$$

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

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

Потужність на вихідному агрегаті.

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

де $N_{\text{вих}}$ – потужність на вхідному валу, Вт, [8].

$$N_{\text{вих}} = 9390,6 \cdot 0,92 = 8639,38 \text{ Вт}$$

Крутний момент на вхідному валу.

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

де $\omega_{\text{в}}$ – кутова швидкість вхідного валу, с⁻¹, [8].

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

де $n_{\text{в}}$ – частота обертання вхідного валу агрегату, хв.⁻¹, [8].

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

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

$$\omega_{\text{в}} = \frac{3,14 \cdot 250}{30} = 26,2 \text{ с}^{-1}$$

$$M_{\text{в}} = \frac{8639,38}{26,2} = 330 \text{ Н} / \text{м}$$

Розрахункові дані заносимо до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Дані кінематичного розрахунку привода агрегату.

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

Ланцюгова передача

Вихідні дані:

1. Передавальна потужність, Вт $N = 9390.6$.
2. Крутний момент, Нм $M = 179,34$.
3. Частота обертання ведучої зірочки, хв.⁻¹ $n = 500$.
4. Передавальне число $U = 2$.
5. Кут нахилу лінії центрів $Q = 0$.
6. Навантаження.
7. Міжосьова відстань, мм $a = \text{до } 2600$.

Вибір числа меншої зірочки

Число зубців меншої зірочки, вибирають в залежності від передаточного числа U . Бажано приймати число парне число зубців, що у відповідності з першим числом ланок ланцюгів сприяє рівномірному зносу її елементів ланцюгової передачі. [15]

Числозубів меншої зірочки визначаємо за формулою:

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

де U – передаточне число, [8].

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

Приймаємо $Z_1 = 25$.

Визначення числа зубців веденої зірочки. Визначаємо число зубців веденої зірочки по формулі:

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

Приймаємо $Z_2 = 50$.

Визначення крону ланцюга. Визначаємо крон ланцюга по формулі:

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

де M_1 – крутний момент на ведучій зірочці, Нм; [8].

m – число рядів ланцюга; [8].

Z_1 – число зубців веденої зірочки; [8].

$[P]$ – середній допустимий тиск в шармі ланцюга, Н/мм², [8].

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

де K_e – середній розрахунковий експлуатаційний коефіцієнт навантаження по формулі [13]

$$K_e = K_g \cdot K_a \cdot K_{pe} \cdot K_m \cdot K_{zm} \cdot K_p$$

де K_d – коефіцієнт коливання навантаження; [8].

$K_d = 1$ – при рівномірному без поштовхів навантаження; [8].

$K_d = 1,25$ – при плавному коливанні навантаження; [8].

$K_d = 1,45$ – при середньопульсуючому навантаженні з невеликими поштовхами; [8].

$K_d = 1,6$ – при середньопульсуючому навантаженні з сильними поштовхами.

Приймаємо $K_d = 1,4$;

K_n – коефіцієнт між осьової відстані, що враховує частоту навантаження ланок ланцюга;

При $a = (30 \dots 60)$ t приймають $K_n = 1$;

При $a = 30$ t приймають $K_n = 1,2$;

При $a = 60$ t приймають $K_n = 0,8$.

Приймаємо $K_n = 1,24$

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

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

Приймаємо $K_{рег} = 1,25$;

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

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

$< 60^\circ$ приймають $K_n = 1$.

Приймаємо $K_n = 1$;

$K_{зм}$ – коефіцієнт, що враховує спосіб змащування ланцюгів;

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

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

$K_{зм} = 1$ – при безперервному (камерному) змащуванні.

Приймаємо $K_{зм} = 1,5$;

K_p – коефіцієнт роботи протягом доби, [13].

При $K_p = 1$ – при одно змінній роботі, [13].

$K_p = 1,25$ – при двох змінній роботі, [13].

$K_p = 1,5$ – при тризмінній роботі, [13].

Приймаємо $K_p = 1$.

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

При $n_1 = 500$ хв⁻¹ при кроці ланцюга 25,4мм:

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

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

Знаходимо крок ланцюга.

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

Приймаємо $t = 19,05$

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

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

де Z_1 – число зубів ведучої зірочки; [13].

t – крок ланцюга, мм; [13].

n_1 – частота обертання зірочки, хв^{-1} . [13].

$$V = \frac{25 \cdot 19.5 \cdot 500}{60 \cdot 1000} = 4.06 \text{ м/с}$$

Визначення колового зусилля.

Визначаємо колове зусилля по формулі:

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

де N – потужність на ведучій зірочці, Вт;

V – швидкість ланцюга, м/с.

$$F_t = \frac{9390.6}{4.06} = 2312.9 \text{ Н}$$

Визначення середнього питомого тиску в шарнірі.

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

де F – площа опорної проєкції шарніра [13], $F = 211 \text{ мм}^2$.

По таблиці 16 [13] допустимий питомий тиск при $n_1 = 500 \text{ хв}^{-1}$, $t = 19,05 \text{ мм}$ $[p^1] = 32,6$ одержимо методом інтерполяції; перемножимо згідно примірці знайденого значення $[p]$ на поправочний множник K_Z .

$$P = \frac{2312.9 \cdot 3.15}{211} = 34.53.$$

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

Перевірка ланцюга допустимої частоти обертання малої зірочки, [13] за формулою:

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

де n_1 – по вихідних даних; $n_1 = 500 \text{ хв}^{-1}$, [13].

$[n_1]_{\max}$ – максимально допустима частота обертання ведучої зірочки, $[n_1]_{\max} = 1000 \text{ хв}^{-1}$, [13].

Виконання геометричного розрахунку передачі.

Міжосьове відхилення визначаємо з умови: [13].

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

де t – крок ланцюга, мм. [13].

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

Міжцентрову відстань в кроком ланцюга визначаємо за формулою: [13].

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

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

Розрахунок сумарного числа зубів зірочок [13]:

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

де Z_1 – кількість зубів ведучої зірочки;

Z_2 – кількість зубів веденої зірочки.

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

Поправка:

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

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

Розрахунок необхідної довжини ланцюга в кроках ланцюга здійснюємо за формулою:

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

де a_t – міжцентрова відстань в кроках ланцюга; [13].

Z_{Σ} – кількість зубів обох зірочок; [13].

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

Заокруглюємо до першого числа $L_t = 97$ кроків.

Розрахункова довжини ланцюга:

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

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

Уточнюємо міжосьову відстань по формулі:

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

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

З метою забезпечити вільне провисання ланцюга необхідно зменшити міжосьову відстань на $/0,002 \dots 0,004/a$, тобто $921 \cdot 0,004 = 4 \text{ мм}$. [13]

$$a = 921 - 4 = 917 \text{ мм}.$$

Визначення розмірів зірок.

Дільний діаметр меншої зірочки.

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

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

Ділильний діаметр веденої зірочки.

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

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

Зовнішній діаметр ведучої зірочки визначається по формулі:

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

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

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

Зовнішній діаметр веденої зірочки визначаємо за формулою:

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

де t – крок ланцюга $t = 19,05$ мм.

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

Визначення сил діючих на ланцюг.

Сили діючі на ланцюг:

а) колове зусилля. $F_{t1} = 2313$ Н

б) відцентрова сила

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

де g – вагапогонного метра ланцюга[14].

Для дворядного ланцюга складає $g = 3,5$ кг/м.

$$P_v = 3.5 \cdot 4.06 = 14.21$$

Сила натягу, що спричинена власною вагою гілки ланцюга визначається за формулою: [13]

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

де K_f – коефіцієнт положення ланцюга в просторі; $K_f = 6$ [13];

a – міжосьова відстань, м, [13].

$$P_f = 9.81 \cdot 6 \cdot 3.5 \cdot 0.921 = 189.7$$

Визначення розрахункового навантаження, що діє на вали визначаємо за формулою:

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

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

Примітка: сила P_v – на вали не передається.

Визначення коефіцієнту запасу міцності і порівнюємо його з допустимим за формулою: [13].

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

де Q – руйнівне навантаження ланцюга, кгс [13]; $Q = 7200$ кгс.

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

Коефіцієнт запасу міцності $[n]$ для приводних роликів ланцюгів наведений у таблиці 18 [14] $[n] = 9,4$.

Даний агрегат наведено на аркуші графічної частини (складальне креслення) та на аркуші деталювання.

Також нами була запропонована опора (рис. 3.2) призначена для утримання агрегату для передпосівного обробітку при його зберіганні, заміні опорних підшипників на барабанах, робочих органів, а також при технічному обслуговуванні і очищенні робочих органів.

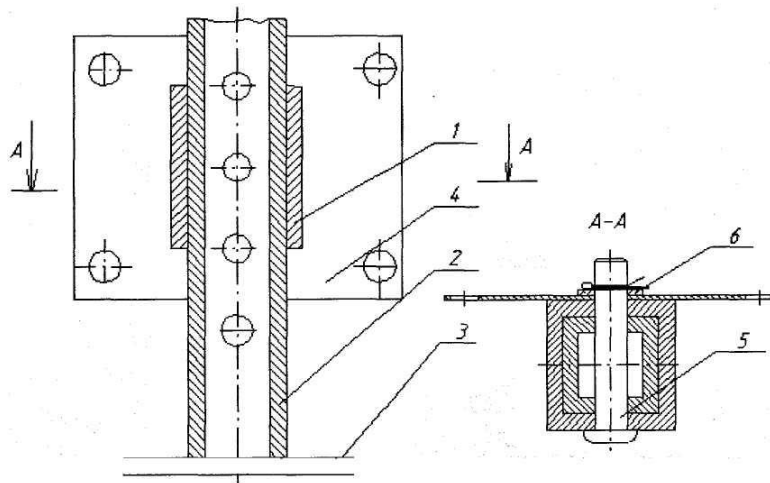


Рисунок 3.3. Опора агрегату для передпосівного обробітку ґрунту: 1 – тримач; 2 – стояк; 3 – пластина; 4 – кріпильна пластина; 5 – палець; 6 – шайба.

Принцип роботи полягає в наступному: гідросистемою трактора агрегат для передпосівного обробітку ґрунту піднімається в транспортне положення.

3.4. Висновки по розділу

В даному розділі описаний проектуємий агрегат для передпосівного обробітку ґрунту створений спеціально, щоб вирівнювати поверхню ґрунту на полях, створювати однорідну структуру, по фракційному складу, агрегатів ґрунту, а також для знищення бур'янів без внесення передпосівного гербіциду.

Також була наведена опора призначена для утримання агрегату для передпосівного обробітку при його зберіганні, заміні опорних підшипників на барабанах, робочих органів, а також при технічному обслуговуванні і очищенні робочих органів.

ВИСНОВКИ

В даній кваліфікаційній роботі розроблений технологічний процес вирощування кукурудзи на зерно. Рекомендований комплекс машин для виробництва культури, що враховує вимоги сучасних енергоощадних та енергозберігаючих технологій.

Розроблено операційно-технологічні карти на виконання робіт згідно технологічної карти.

Описаний проектуємий агрегат для передпосівного обробітку ґрунту створений спеціально, щоб вирівнювати поверхню ґрунту на полях, створювати однорідну структуру, по фракційному складу, агрегатів ґрунту, а також для знищення бур'янів без внесення передпосівного гербіциду.

Обґрунтовано інженерні розрахунки оригінальної машини для передпосівного обробітку ґрунту.

Наведена опора призначена для утримання агрегату для передпосівного обробітку при його зберіганні, заміні опорних підшипників на барабанах, робочих органів, а також при технічному обслуговуванні і очищенні робочих органів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Войтюк Д. Г. Сільськогосподарські машини / Д. Г. Войтюк, Г. Р. Гаврилюк. – Київ : Урожай, 2004. – 448 с.
2. Войтюк Д. Г. Сільськогосподарські та меліоративні машини / Д. Г. Войтюк. – Київ : Вища освіта, 2004. – 543 с.
3. Головчук А. Ф. Машини сільськогосподарські / А. Ф. Головчук, В. І. Марченко, В. Ф. Орлов. - Київ : Грамота, 2005. - 575 с.
4. Квашук О. В. Сучасні інтенсивні технології вирощування с.-г. культур / О. В. Квашук. – Кам'янець-Подільський : Абетка, 2008.
5. Кленін Н. І. Сільськогосподарські та меліоративні машини / Н. І. Кленін, В. Г. Єгоров. - М. : Колос, 2003. – 464 с.
6. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва : підруч. у 2 т : Т 1 / [Рудь А. В., Бендера І. М., Войтюк Д. Г. та ін.] ; за ред. А. В. Рудя. – Київ : Агроосвіта, 2012. – 584 с.
7. Ролдугін М. І. Стан і перспективи розвитку комбінованих агрегатів / Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин / М. І. Ролдугін, Є. С. Михайловський. - 2013, вип. 43, част. II. - с. 237-240.
8. Сільськогосподарські машини: підручник / [Д. Г. Войтюк, Л. В. Аніскевич, В. В. Іщенко та ін.]; за ред. Д. Г. Войтюка. — Київ : Агроосвіта, 2015. — 679 с.
9. Сівалки зернові // ПАТ «Ельворті». 2004-2018. URL: <http://www.elvorti.com/index.php?part=static&lang=ua&sid=10#t1> (дата звернення: 19.05.2025).
10. Ракул О. І. 5.1 Машини для сівби та садіння сільськогосподарських культур // SlideShare. 2014. URL: <http://www.slideshare.net/rakul-oi/51-42805903> (дата звернення: 19.05.2025).
11. Мархель І.І. Деталі машин: Навчальний посібник.-К.: Алерта, 2005. – 368 с.
12. Рудь Ю.С. Основи конструювання машин: Підручник для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. 2-е вид., переробл. - Кривий Ріг: Видавець ФО-П Чернявський Д.О., 2015. – 492 с.; з іл.
13. Деталі машин і основи конструювання : конспект лекцій / укладач В. В. Стрелец. – Суми : Сумський державний університет, 2022. – 150 с.

14. Павлице В. Т. Основи конструювання та розрахунків деталей машин : підручник / В. Т. Павлице. – 2-ге вид., перероб. – Львів : Афіша, 2003. – 560 с.