

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно-енергетичний факультет

Кафедра тракторів та
сільськогосподарських
машин, експлуатації і
технічного сервісу

ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У РОСЛИННИЦТВІ

Методичні рекомендації

**до виконання практичних робіт для здобувачів вищої освіти
освітнього ступеня «Магістр»
спеціальності 208 «Агроінженерія»
спеціалізації «Механізація рослинництва»
денної та заочної форми навчання.
Модуль 1-2.**

Миколаїв
2020

УДК 631.3
П79

Друкується за рішенням науково-методичної комісії інженерно-енергетичного факультету Миколаївського національного аграрного університету від 24. 11. 2020 р., протокол № 3.

Укладачі:

А.П. Галєєва – канд. пед. наук., доцент кафедри тракторів та сільськогосподарських машин, експлуатації та технічного сервісу, Миколаївський національний аграрний університет.

О.В. Зубєхіна-Хайят – асистент кафедри тракторів та сільськогосподарських машин, експлуатації та технічного сервісу, Миколаївський національний аграрний університет.

Рецензенти:

І.П. Атаманюк – д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри вищої та прикладної математики, Миколаївський національний аграрний університет.

Г.О. Іванов – канд. тех. наук, професор кафедри загальнотехнічних дисциплін, Миколаївський національний аграрний університет.

© Миколаївський національний

ЗМІСТ

	стр.
ВСТУП	4
Практична робота №1	5
Комплексна механізація рослинництва	
Практична робота №2	8
Класифікація та технологія поворотів агрегату	
Практична робота №3	15
Розрахунок способу руху МТА	
Практична робота №4	18
Розрахунок складу МТА	
Практична робота №5	24
Розрахунок операційної карти	
Практична робота №6	33
Опір сільськогосподарських машин при проектуванні МТА	
Практична робота №7	41
Розрахунок технологічних операцій вирощування сільськогосподарських культур	
ДОДАТКИ	59
ЛІТЕРАТУРА	66

ВСТУП

«Проектування технологічних процесів у рослинництві» – це дисципліна, метою вивчення якої є здобуття теоретичних знань та практичних навичок з проблеми проектування технологічних процесів виробництва продукції рослинництва, обґрунтування і використання системи машин для комплексної механізації вирощування та збирання сільськогосподарських культур.

Основою інженерно-технічного забезпечення виробництва продукції рослинництва повинна бути сукупність технологічних ліній та машинних технологій з урахуванням зональних умов.

В результаті вивчення дисципліни здобувачі вищої освіти повинні досконало знати індустриальні технології виробництва продукції, основи проектування технологічних процесів з урахуванням різних організаційних форм функціонування господарств в ринкових умовах. Вирішення вказаних завдань можливе лише при впровадженні у навчальний процес та сільськогосподарське виробництво сучасних інформаційних технологій. Це дасть можливість проектувати технологічні процеси стосовно конкретних виробничих умов, які забезпечать комплексну механізацію і ефективність виробництва продукції рослинництва, дати майбутнім науковцям і фахівцям інженерної служби теоретичні знання та практичні навички з питань обґрунтування та впровадження новітніх механізованих технологічних ліній і процесів виробництва продукції рослинництва, ефективного використання комплексів машин для механізації вирощування та збирання сільськогосподарських культур, а також проектування системи технічного обслуговування машинного парку у господарствах різних форм власності.

Практична робота №1

Час : 4 години

Тема: Комплексна механізація рослинництва

Мета : Навчитися проектувати машино-тракторні агрегати

Технічне забезпечення : навчальні посібники, навчальні плакати, лабораторії кафедри 111, 015.

Теоретичні відомості

Найважливішою умовою вдосконалення сільськогосподарського виробництва, підвищення життєвого рівня людей є прискорення науково-технічного прогресу, високо ефективного використання виробничого потенціалу і зміцнення матеріально-технічної бази сільського господарства на основі подальшого розвитку механізації і автоматизації виробництва. Нині негайного вирішення потребують проблеми комплексної механізації землеробства і тваринництва, підвищення технічного рівня, якості і надійності тракторів, комбайнів, сільськогосподарських машин і обладнання.

Основними напрямками прискорення темпів механізації, автоматизації виробничих процесів і поліпшення ефективності використання МТП є :

- завершення комплексної механізації виробничих процесів, впровадження більш досконалої системи машин для вирощування і збирання сільськогосподарських культур усіх зонах України;
- удосконалення конструкції сільськогосподарської техніки, що забезпечить створення оптимальних умов для розвитку рослин при виконанні технологічних операцій і ліквідації різних видів витрат;
- значне підвищення надійності сільськогосподарських машин, що дає можливість виконувати технологічні операції без простоїв з технічних причин і зберігати встановлені показники якості;
- підвищення експлуатаційної і ремонтної технологічності МТП, пристосованості до технологічного і технічного обслуговування, діагностування, транспортування, зберігання;
- впровадження автоматичних пристроїв, які б підтримували технічні і технологічні режими роботи;
- розробка і створення автоматизованих систем управління машинно-тракторним парком господарств. Але слід враховувати і

сучасний стан господарств, а насамперед гостра нехватка коштів для капіталовкладень в дорогу техніку вже сьогодні доцільна альтернатива техніко-технологічній стратегії формування машинно-тракторного парку на основі універсальних ресурсозберігаючих енергозасобів та вдосконалення комплексу машин, які дають можливість застосувати нульову технологію виконання технологічних процесів.

Одним з перспективних потенціальних можливостей землі та мікрокліматичних умов, в тому числі і забезпечення вимог екології, є система точного землеробства, яка набуває широкого розвитку. Система точного землеробства передбачає розробки спеціальних програм для роботи машинних агрегатів. За допомогою чіп-карти ці програми заносяться в бортовий комп'ютер енергетичного засобу (трактора, комбайна, тощо). Додатково складаються аплікаційні технологічні карти, які призначені для ефективного виконання технологічного процесу.

Ефективність господарської діяльності суттєво залежить від рівня технології та технологічної дисципліни. Прогресивні технології (інтенсивна, індустріальна, ресурсозберігаюча, інноваційна) спрямовані на досягнення запрограмованих кінцевих результатів з ефективним використанням природних та інших не поновлювальних ресурсів.

Дані технології передбачають:

- розміщення культур за кращими попередниками;
- наукове обґрунтування оптимальних дозживлення в усі періоди органогенезу;
- посів тільки високоврожайними сортами з урахуванням зон землекористування;
- інтегрована система догляду та захисту рослин;
- впровадження комплексу машин для точного землеробства та нульового обробітку ґрунту багатоопераційними агрегатами;
- якісне виконання технологічних операцій у встановлені агротехнічні строки;
- дотримання високої технологічної дисципліни при виконанні агрегатами сільськогосподарських операцій.

Кожен із перелічених варіантів технології має свої характерні засоби і способи досягнень. А тому, при виробництві тієї чи іншої культури при виборі варіанту технології необхідно мати на меті максимальне досягнення запрограмованих результатів з мінімальними затратами енергоресурсів, матеріалу.

Вибір варіанту технології залежить від природно-кліматичних умов, структури посівних площ, наявного складу МТП. Їх вирішення вимагає взаємодії агрономічного, інженерного, економічного відділів сільськогосподарського виробництва.

Комплексна механізація і система машин сільськогосподарського виробництва передбачає машинне виконання основних і допоміжних операцій, виробничих процесів в певній послідовності і взаємозв'язку. Вищої та повнокомплексної механізації технологічного процесу є впровадження автоматизації всіх виробничих процесів згідно прийнятої технології виробництва сільськогосподарських культур.

Матеріальною основою комплексної механізації сільськогосподарського виробництва є система машин. Система машин – це сукупність різноманітних машин і механізмів, які узгоджені за технологічним процесом, технікоекономічними параметрами (за рядністю, продуктивністю), за допомогою яких забезпечується механізація всіх виробничих процесів технологічного циклу.

Сільськогосподарське виробництво України характеризується різноманітністю зональних умов (природно-кліматичних умов) та специфікою виробництва.

Система машин поділяється на:

- загальну систему машин, яка охоплює всі зональні умови країни;
- галузеву систему машин (для рільництва, тваринництва, садівництва, овочівництва, меліоративних робіт);
- система машин для виробництва окремих культур (цукрових буряків, картоплі, кукурудзи, соняшника).

Сучасна розробка системи машин передбачає:

- завершення комплексної механізації всіх галузей сільськогосподарського виробництва (рослинництва, тваринництва, садівництва, виноградарства, овочівництва);
- розробка і впровадження прогресивних технологій виробництва сільськогосподарської продукції;
- впровадження у виробництво досягнень науки і техніки та вдосконалення комплексу машин для сільського господарства;
- підвищення енергонасиченості тракторів, комбайнів, самохідних машин, автомобілів, навантажувачів;
- розробка багатоопераційних (комбінованих) машин і агрегатів;

- впровадження в технологію сільськогосподарського виробництва інноваційних технологій (Mini-Notill, систему точного землеробства);

- розробка вдосконалених робочих органів сільськогосподарських машин з метою поліпшення якості виконання операцій;

- підвищення надійності, довговічності та працездатності засобів механізації сільського господарства;

- впровадження і оснащення агрегатів засобами автоматизації комп'ютеризації;

- розробка оптимальної структури комплексу машин (системи машин) з урахуванням зональних умов їх використання.

Завдання для звіту:

1. Описати технології вирощування сільськогосподарських культур (згідно Додатку 2).

2. Скласти технологічні операції на вирощування заданої культури в степовій зоні (Додаток 2,3).

3. Підібрати систему машин для вирощування сільськогосподарської культури за заданою технологією (Додаток 2).

Контрольні питання:

1. Що являє собою система машин для комплексної механізації робіт у рослинництві?

2. Які прогресивні технології використовують в АПК?

3. Що передбачає сучасна розробка системи машин ?

4. Як складати технологічні операції вирощування культур з урахуванням новітніх технічних засобів та знарядь ?

Практична робота №2

Час : 2 годин

Тема: Класифікація та технологія поворотів агрегату

Мета : Вивчити класифікацію агрегатів та технології поворотів агрегатів.

Технічне забезпечення : навчальні посібники, навчальні плакати, лабораторії кафедри 111, 015.

Теоретичні відомості

При виконанні технологічних операцій значну частину пройденого шляху становлять заїзди та повороти. В середньому при довжині гонів 100 – 150 м холостий хід агрегату становить 10–12% від загального шляху пройденого агрегатом. У зв'язку з цим для забезпечення найвищої ефективності використання агрегату необхідно холостий хід агрегату звести до мінімуму і цим забезпечити максимальну продуктивність агрегату. Для цього необхідно правильно вибрати вид повороту і спосіб руху.

Головна умова вибору повороту і способу руху агрегатів – поліпшення техніко-економічних показників і якості роботи агрегатів. Повороти виконуються на 90^0 і 180^0 . В свою чергу повороти класифікують на:

- безпетльові – по дузі кола без прямолінійного відрізка (дугоподібні);
- безпетльові з прямим виїздом;
- петльові-грушеподібні (відкрита петля);
- петльові-вісімкаподібні (закрита петля);
- повороти з заднім ходом агрегату з відкритою та закритою петлею (для навісних агрегатів);
- голчасті – при реверсивному ході агрегату.

Можливі й інші різновиди поворотів:

- з застосуванням бокової та подвійної петлі;
- кутові.

Довжина холостого ходу на поворотах (L_x) залежить від складу та виду агрегату та його конструктивних параметрів. Довжина холостого ходу при виконанні петльових поворотів, м

$$L_x = L_n + 2l \quad (2.1)$$

де L_n – довжина петлі повороту, м;

l – довжина виїзду агрегату, м.

$$L_n = \gamma_n \cdot R_n \quad (2.2)$$

де γ_n – коефіцієнт, який враховує співвідношення петлі та радіус повороту (табл. 2.1);

R_n – радіус повороту.

Довжина холостого ходу при виконанні безпетльового повороту з прямолінійною ділянкою, м,

$$L_{\sigma} = L_n + 2l + l_x \quad (2.3)$$

де l_x – довжина прямолінійної ділянки (табл. 2.2), м;

l – кінематична довжина виїзду агрегату, м.

Таблиця 2.1

Осереднені значення коефіцієнтів γ_n та λ_e для різних видів поворотів

Вид повороту	Коефіцієнти	
	γ_n	λ_e
По півколу	3,2-4,0	1,1
З прямолінійним виїздом	1,4-2,0	1,1
Кутовий (відкрита петля)	1,6-1,8	1,1
Кутовий (закрита петля)	5,0-6,5	2,0
Грушовидний	6,6-8,0	2,8
Односторонній	6,0-7,5	2,6
Грибовидний (відкрита петля)	4,1-5,0	1,1
Грибовидний (закрита петля)	5,0-5,5	1,1
Вісімкою	8,0-9,0	2,8

Довжина холостого ходу при обробітці поворотної смуги, м

$$L_{ne} = R_n + \lambda_e + 2l \quad (2.4)$$

Таблиця 2.2

Середня питома довжина холостого ходу на загоні, що припадає на один робочий хід

Спосіб руху	Середня питома довжина холостого ходу
Всклад або врозгін	$0,5C+2,5R+2e$
Чергування загонів всклад або врозгін	$0,5C+3R+2e$
Човниковий з грушеподібним	$6R+2e$
Двозагінний комбінований безпетльовий	$0,5C+2(R+e)$
Перекриттями безпетльовий	$0,5C+1,5R+2e$
Круговий для симетричних агрегатів	$(1-2)R$
Однозагінний комбінований	$0,5C+2,5R+2e$
Діагональний човниковий	$6R+2e$
Діагональний перехресний	$4R+2e$

де C_p – ширина загінки, м;

B_p – робоча ширина захвату агрегату;

n_{np} – число петльових поворотів, шт.;

n_{nb} – число безпетльових поворотів, шт.

l_x – середня довжина прямолінійної ділянки холостого ходу агрегату, м.

Загальна довжина холостих ходів (S_x) з урахуванням довжини поворотів і допоміжних холостих ходів агрегатів залежить від способу руху агрегатів:

- човниковий: ,м;

$$S_x = L_{nn} \cdot \Pi_{nn} + L_{nn} \cdot \Pi_{\phi}, \text{ м}; \quad (2.5)$$

- безпетльовий;

- з перекриванням, м;

$$S_x = L_{n\bar{o}} \cdot \Pi_{n\bar{o}} + L_{nn} \cdot 2\Pi_{\phi}, \text{ м}; \quad (2.6)$$

- комбінований з чергуванням всклад і врозгін, м;

$$S_x = L_{nn} \cdot \Pi_{nn} + L_{n\bar{o}} \cdot \Pi_{n\bar{o}} + L_{nn} \cdot 2\Pi_{\phi}, \quad (2.7)$$

- діагональний:

$$S_x = L_{nn} \cdot \Pi_{nn} + C_p + 0.5L, \text{ м}; \quad (2.8)$$

- круговий:

$$S_x = 2(L_{nn} + L_{n\bar{o}}), \text{ м}; \quad (2.9)$$

де L_{nn} , $L_{n\bar{o}}$ – довжина поворотів відповідно петльових і безпетльових, м;

Π_{nn} , $\Pi_{n\bar{o}}$ – кількість поворотів на загоні петльових і безпетльових відповідно, шт. (табл.2.4 довідник);

Π_{ϕ} – фактичне число проходів агрегату при обробітці поворотної смуги, шт. (формула 2.10);

$$\Pi_{\phi} = E_{min} / B_p, \quad (2.10)$$

де E_{min} – мінімальна ширина поворотної смуги, м.

Визначення ширини поворотної смуги. Ширина поворотної смуги на загінці регламентується умовами: можливістю безперешкодного повороту агрегату; необхідністю виконання інших операцій (після посіву, міжрядний обробіток, догляд за рослинами, збиральні роботи); ширина поворотної смуги повинна бути мінімальна і відповідати кратності робочої ширини захвату агрегату. Мінімальну ширину поворотної смуги (E) з врахуванням умовного радіуса повороту (R_n) визначають за формулою

- для безпетльових поворотів

$$E = 1,14R_n + 0,5d_k + l, \text{ м}; \quad (2.11)$$

або

$$E = 1,5R_n + l, \text{ м}; \quad (2.12)$$

- для петльових поворотів

$$E = 2,8R_n + 0,5d_k + l, \text{ м}; \quad (2.13)$$

або

$$E = 3R_n + l, \text{ м}; \quad (2.14)$$

де R_n – мінімальний радіус повороту агрегату, м;

l – кінематична довжина виїзду агрегату, м;

d_k – кінематична ширина агрегату, м.

Для начіпних агрегатів (із заднім начіплюванням)

$$l = (0,3 - 0,6) l_a, \text{ м.} \quad (2.15)$$

Для агрегатів фронтальних (жатки)

$$l = (0,4 - 0,6) l_a, \text{ м.} \quad (2.16)$$

Для агрегатів з причіпними машинами

$$l = (0,6 - 1,0) l_a, \text{ м,} \quad (2.17)$$

де l_a – кінематична довжина агрегату, м ,

$$l_a = l_{mp} + l_{сгм}, \text{ м,} \quad (2.18)$$

де l_{mp} – кінематична довжина трактора, м (довідник);

$l_{сгм}$ – кінематична довжина сільськогосподарської машини, м (довідник).

Раціональна ширина поворотної смуги (E) повинна бути кратна робочій ширині захвату агрегату для можливості обробітку цілим числом проходів,

$$E_p = P_\phi \cdot B_p, \text{ м,} \quad (2.19)$$

де P_ϕ – фактичне число проходів агрегату, шт.;

B_p – робоча ширина захвату агрегату, м.

$$P_\phi = E / B_p \quad (2.20)$$

Результати округляються до цілого числа (парного чи непарного). Парність чи непарність числа проходів на поворотній смузі залежить від особливостей виконання операцій на поворотній смузі. В більшості випадків приймають парне число проходів. Так, наприклад, для виробництва цукрових буряків поворотна смуга буде дорівнювати:

$$\begin{aligned} E_p &= P_\phi \cdot B_p, \text{ м,} \\ P_\phi &= 4, B_p = 5,4 \text{ м,} \\ E_p &= 4 \cdot 5,4 = 21,6 \text{ м.} \end{aligned}$$

Способи руху агрегатів. Спосіб руху – закономірність циклічно повторювальних елементів руху машинних чи машинно-тракторних агрегатів. Для виконання технологічних операцій застосовують різні способи руху агрегатів: гонові; діагональні; кругові (фігурні). Гоновий спосіб характеризується тим, що агрегат при виконанні робочого ходу рухається прямолінійно вздовж загінки, а холості ходи виконує на поворотній смузі. Різновидами гонового способу є рухи агрегату: човниковий (сівба, культивуація, коткування, оранка оборотними плугами); безпетльовий з перекриванням (міжрядний обробіток); комбінований з чергуванням загінок всклад і врозгін (оранка); перехресний (сівба зернових культур); гоновий з розширенням середини суміжних

загінок (збирання зернових, цукрових буряків, картоплі, кукурудзи тощо).

Човниковий спосіб руху агрегату широко застосовується на сівбі, культивуванні та оранці оборотними плугами. Агрегат рухається паралельно сторонам ділянки, яка не розбивається на загінки.

E – поворотна смуга, м; $E = 21,6$ м або відповідає $E = 48$ рядків; C – ширина загінки, м; $C = 228$ рядків.

Між загінками збирається 12 рядків.

Ширина загінки, м

$$C = P_n \cdot B_p$$

де P_n – кількість проходів комбайна, шт.; $P_n = 50$;

B_p – робоча ширина захвату комбайна, м;

$$B_p = B_k \cdot \beta, \quad (2.21)$$

де B_k – конструктивна ширина захвату жатки, м; $B_k = 6$ м

β – коефіцієнт використання ширини захвату жатки комбайна; $\beta = 0,95$.

$$B_p = 6 \cdot 0,95 = 5,70 \text{ м.}$$

Прокіс між загінками $B_I = B_k + B_p = 6 + 5,7 = 11,7$ м.

Рух вкругову характеризується тим, що робочі ходи здійснюються як уздовж, так і впоперек загінки. Даний спосіб застосовуються на ділянках з довжиною гонів 400–600 м.

На оранці звичайними плугами застосовують способи руху: оранка з чергуванням загінки всклад і врозгін; петльовий комбінований; безпетльовий комбінований; двозагінковий. Діагональний спосіб руху характеризується переміщенням агрегатів під кутом до сторін ділянки. Цей спосіб застосовують на боронуванні, культивуванні, дискуванні агрегату, а також при перехресній сівбі зернових. Кутовий спосіб руху агрегатів застосовується на передпосівній культивуванні ґрунту. Вибір способу руху обґрунтовують якістю виконаної роботи, зручністю обслуговування, зменшенням довжини холостих ходів та продуктивністю агрегатів.

Показники якості виконання технологічної операції при різних способах руху залежать від технологічного процесу.

Способи руху агрегатів зручно оцінювати коефіцієнтом робочих ходів (φ).

Для полів правильної конфігурації

$$\varphi = L_p / (L_p + L_x), \quad (2.22)$$

де φ – коефіцієнт робочих ходів;

L_p – довжина одного робочого ходу агрегату, м;
 L_x – довжина одного холостого ходу агрегату, м.

Для посівів неправильної конфігурації

$$\varphi = S_p / (S_p + S_x), \quad (2.23)$$

де S_p – сумарна довжина робочих ходів агрегату, м;
 S_x – сумарна довжина холостих ходів агрегату, м.

Перевага надається такому способу руху, який забезпечує якість виконання технологічної операції та найменші затрати часу на холості ходи агрегату.

Розрахунок ширини заїмки. Оптимальна ширина заїмки повинна дорівнювати добовій продуктивності агрегату. Оптимальну ширину заїмки визначаємо, використовуючи емпіричні формули, які знаходяться в залежності від способів руху агрегатів (табл. 2.3).

Таблиця 2.3

Розрахунок ширини заїмки

Спосіб руху агрегатів	Формула розрахунку
Гоновий (всклад)	$C = \sqrt{2 (L_p \times B_p + 8R_n^2)}$ (2.24)
Безпетльовий перекиванням	$C = \sqrt{2 (L_p \times B_p + 8R_n^3)}$ (2.25)
Комбінований чергуванням всклад і врозгін	$C = \sqrt{B_p (L_p + 2R_n + 2l)LR_n^2}$ (2.30)
Круговий	$C = (0,15 - 0,20) L_p$ (2.31)

Оптимальна кількість проходів агрегату на одній заїмці, шт.

$$P_n = C / B_p \quad (2.32)$$

За прийнятим раціональним значенням ($P_n = 50-60$) ширина заїмки становить, м ,

$$C = P_n \cdot B_p \quad (2.33)$$

де P_n – кількість проходів агрегату, шт.;

B_p – робоча ширина захвату агрегату, м.

Завдання до звіту:

1. Від чого залежить ширина поворотної смуги?
2. Що таке коефіцієнт робочих ходів, формули розрахунку?
3. Як розрахувати ширину заїмки?
4. Які способи руху застосовують на сівбі, культивуванні, боронуванні, дискуванні, збиральних роботах, міжрядному обробітку просапних культур? Розрахувати рух МТА згідно свого завдання (Додаток 2,3).
5. Надайте повну класифікацію поворотів агрегату.

Контрольні питання

1. Дайте визначення, що розуміють під кінематикою агрегатів?
2. Які основні елементи кінематики агрегатів?
3. Дайте характеристику допоміжним елементам кінематики агрегату.
4. Що розуміють під мінімально допустимим радіусом повороту, формула розрахунку?
5. Дайте характеристику маневрових властивостей машинних агрегатів.
6. Дайте класифікацію поворотів.
7. Як розрахувати ширину поворотної смуги та ширину загінки?
8. У чому полягає призначення поворотної смуги?
10. За якими ознаками класифікують способи руху агрегатів?
12. Які є способи руху орних агрегатів?
15. Шляхи підвищення коефіцієнта робочих ходів.

Практична робота №3

Час : 4 години

Тема: Розрахунок способу руху МТА

Мета: Навчитися розраховувати способи руху та основні кінематичні характеристики МТА

Технічне забезпечення : навчальні посібники, навчальні плакати, лабораторії кафедри 111, 015.

Теоретичні відомості

Спосіб руху МТА визначається в залежності від симетрії агрегату:

а) для асиметричних (орні, комбайнові) способи руху: всклад, врозгін, з чергуванням загонів всклад і врозгін, комбінований, з перекриттям. Поле розбивають на загони, визначають оптимальну ширину загону C_{opt} :

- для руху всклад, врозгін і з чергуванням обробки всклад, врозгін

$$C_{opt} = \sqrt{2 \cdot \epsilon_p \cdot L_p + 16 \cdot R^2}; \quad (3.1)$$

- для комбінованого безпетльового і з перекриттям

$$C_{onm} = \sqrt{3 \cdot v_p \cdot L_p}; \quad (3.2)$$

б) для симетричних (всі останні) способи руху: човниковий, перехресний, діагональний, діагонально-перехресний. Поле розбивають на загони за умови роботи декількох агрегатів;

в) круговий спосіб руху вибирають для роботи на полях неправильної форми або на полях з довжиною гону до 400 м.

Перевірка правильності вибраного способу руху здійснюється шляхом визначення коефіцієнту робочих ходів φ

$$\varphi = \frac{L_p}{L_p + L_x}. \quad (3.3)$$

де L_p - довжина робочого ходу агрегату, м

$$L_p = L_D - 2 \cdot E_\phi, \quad (3.4)$$

де L_D - довжина гону, м (задана у вихідних даних)

E_ϕ - фактична ширина поворотної смуги, м

$$E_\phi = \Pi \cdot v_p, \quad (3.5)$$

де Π - кількість проходів агрегату по поворотній смугі при її обробленні. При отриманні розрахункового значення Π , його округлюють до цілого числа в більшу сторону

$$\Pi \approx \frac{E_{min}}{v}, \quad (3.6)$$

де v - ширина захвату агрегату, м, (при поверхневому обробленні - $v = v_p$, встик - $v = v_k$);

E_{min} - мінімальна ширина поворотної смуги, м, величина якої визначається в залежності від виду повороту. Рекомендується вибирати безпетльові повороти, тому що вони вимагають невеликої ширини поворотної смуги і мінімальних витрат часу на виконання:

- при безпетльових поворотах

$$E_{min} = 1,5 \cdot R + e, \quad (3.7)$$

- при петльових поворотах

$$E_{min} = 3 \cdot R + e, \quad (3.8)$$

де R - мінімальний радіус повороту агрегату, м ;

e - довжина виїзду агрегату, м:

- для причіпних агрегатів

$$e = (0,5 \dots 0,7) \cdot l_k, \quad (3.9)$$

- для начіпних агрегатів

$$e = 0,2 \cdot l_k, \quad (3.10)$$

де l_k - кінематична довжина агрегату, м

$$l_k = l_T + l_{зч} + l_M \quad (3.11)$$

де $l_T, l_{зч}, l_M$ - кінематична довжина трактора, зчіпки і робочої машини, м.

Довжина холостого ходу L_x , м, визначають в залежності від вибраного способу руху. Так, для способів руху

- всклад і врозгін

$$L_x = 0,5 \cdot C_{onm} + 2,5 \cdot R + 2 \cdot l_k, \quad (3.12)$$

- з чергуванням загонів всклад і врозгін

$$L_x = 0,5 \cdot C_{onm} + 3 \cdot R + 2 \cdot l_k; \quad (3.13)$$

- човникового з грибовидними поворотами

$$L_x = 6 \cdot R + 2 \cdot l_k; \quad (3.14)$$

- човникового з грушовидними поворотами

$$L_x = 3,5 \cdot R + 2 \cdot l_k; \quad (3.15)$$

- двох загінного комбінованого безпетльового

$$L_x = 0,5 C_{onm} + 2 \cdot R + 2 l_k; \quad (3.16)$$

- з перекриттям безпетльового

$$L_x = 0,5 \cdot C_{onm} + 1,5 \cdot R + 2 \cdot l_k; \quad (3.17)$$

- кругового для симетричних агрегатів

$$L_x = (1 \dots 2) \cdot R; \quad (3.18)$$

- одно загінного комбінованого

$$L_x = 0,5 \cdot C_{onm} + 2,5 \cdot R + 2 \cdot l_k; \quad (3.19)$$

- діагонального човникового

$$L_x = 6 \cdot R + 2 l_k \quad (3.20)$$

- діагонального перехресного

$$L_x = 4 \cdot R + 2 l_k. \quad (3.21)$$

Завдання для звіту :

1. Визначити спосіб руху МТА та зробити його перевірку шляхом

визначення коефіцієнту робочих ходів φ (Додаток 1).

2. Представити схему робочої ділянки із розрахованими її кінематичними характеристиками, на якій визначити схему руху даного агрегату з визначенням всіх кінематичних характеристик агрегату.

Контрольні питання:

1. Як вибирається спосіб руху МТА?
2. Як розраховуються основні кінематичні характеристики агрегату.

Практична робота №4

Час : 7 години

Тема: Розрахунок складу МТА

Мета : Навчитися розраховувати склад машино-тракторного агрегату.

Технічне забезпечення : навчальні посібники, навчальні плакати, лабораторії кафедри 111, 015.

Теоретичні відомості

Склад машинно-тракторного агрегату визначається на підставі агротехнологічних ознак виконання технологічної операції. На енергоємних роботах рекомендується використовувати трактори тягового класу 3 і вище, в інших випадках - у відповідності за їх призначенням.

За рекомендаціями [1-8] вибирають сільськогосподарську машину із шлейфу даного трактора. Правильність визначеного складу МТА перевіряють за оцінкою тягового розрахунку. Для чого визначають тяговий опір агрегату R_a у відповідності з його типом по тяговому опору.

Типи МТА за тяговим опором

В нижче представлених формулах:

i - схил місцевості, %, (заданий);

G_M - вага сільськогосподарської машини, кН.

1. Простий одно машинний тяговий агрегат

а) причіпний

$$R_{asp} = k_v \cdot \epsilon_p \pm G_m \cdot \frac{i}{100} \quad (4.1)$$

де k_v - питомий опір сільськогосподарської машини при роботі МТА, кН/м;

$$k_v = k_0 \left[1 + (V_p - V_0) \frac{\Delta C}{100} \right] \quad (4.2)$$

де k_0 - питомий опір сільськогосподарської машини при швидкості $V_0=5$ км/год.

ϵ_p - робоча ширина захвата сільськогосподарської машини, м

$$\epsilon_p = \beta \cdot \epsilon_k, \quad (4.3)$$

де β - коефіцієнт використання конструктивної ширини захвата сільськогосподарської машини (Додатки [22-24]).

ϵ_k - конструктивна ширина захвата сільськогосподарської машини, м.

V_p - робоча швидкість агрегату за формулою 3.5, км/год;

ΔC - коефіцієнт, що враховує зростання питомого опору сільськогосподарської машини при збільшенні швидкості на 1 км/год, приймати $\Delta C = 1...3\%$;

б) начіпний

$$R_a = k_v \cdot \epsilon_p + G_m \left(\lambda_d \cdot f_T \pm \frac{i}{100} \right) \quad (4.4)$$

де λ_d - коефіцієнт довантаження, що враховує частину ваги начіпної машини та вертикальні складові сили тягового опору, які додатково навантажують ходову систему трактора. Прийняти:

$\lambda_d = 0,5... 1,0$ - на оранці;

$\lambda_d = 0,5... 1,0$ - на сівбі, боронуванні, культивуванні, коткуванні;

$\lambda_d = 0,5... 1,0$ - на глибокому рихленні.

2. Простий багатомашинний тяговий агрегат

$$R_a = R_{зч} + R_m \cdot n_m \quad (4.5)$$

де $R_{зч}$ - тяговий опір зчіпки, kH . Марка зчіпки вибирається за рекомендаціями [1,8]

$$R_{зч} = G_{зч} \left(f_{зч} \pm \frac{i}{100} \right) \quad (4.6)$$

де $G_{зч}$ - вага зчіпки, kH .

$f_{зч}$ - коефіцієнт кочення зчіпки у відповідності із заданим агрофоном;

R_m - тяговий опір однієї сільськогосподарської машини, R_m визначається за формулою (4.1).

3. Орний агрегат

$$R_a = R_k \cdot n_k \quad (4.7)$$

де R_k - тяговий опір одного корпусу плуга, kH ,

$$R_k = a \cdot \epsilon_k \cdot k_{унл} \cdot \lambda_\partial \pm g_k \cdot \frac{i}{100} \cdot C, \quad (4.8)$$

де a - глибина оранки, m , (у відповідності з агротехнічними вимогами за завданням);

ϵ_k - ширина захвата одного корпусу плуга, m , (у відповідності з технічною характеристикою плуга);

$k_{унл}$ - питомий опір плуга при виконанні роботи, kH/m^2

$$k_{унл} = k_{0нл} \left[1 + 0,06(V_p^2 - V_0^2) \right] \quad (4.9)$$

де $k_{0нл}$ - питомий опір плуга при швидкості $V_0=5$ км/год, kH/m^2 ;

λ_∂ - за формулою 4.4;

g_k - питома вага плуга, що припадає на 1 корпус плуга, kH/m ;

$$g_k = \frac{G_m}{n_k}, \quad (4.10)$$

де n_k - кількість корпусів плуга за технічною характеристикою;

C - коефіцієнт, що враховує вагу ґрунту, який налипає на корпуси плуга, $C = 1, 1,1, \dots, 1,4$; для чорноземів південних приймати $C = 1,2$.

4. Агрегат, що має ємність

Опір такого агрегату визначається за наступною формулою

$$R_a = G_{mc} \left(f_m \pm \frac{i}{100} \right) \quad (4.11)$$

де G_{mc} - вага спорядженої сільськогосподарської машини, kH

$$G_{mc} = G_{mn} + Q \quad (4.12)$$

де G_{mn} - вага порожньої сільськогосподарської машини, kH , за технічною характеристикою;

Q - вага вантажу, kH ;

$$Q = V \cdot p \cdot \lambda \cdot g \cdot 10^{-3} \quad (4.13)$$

V - об'єм технологічної ємності сільськогосподарської машини, m^3 ;

p - щільність матеріалу, що перевозять, kg/m^3 ;

λ - коефіцієнт використання технологічної ємності (задається $\lambda \leq 1$);

g - прискорення вільного падіння, $g = 9,8 m/c^2$;

f_m - коефіцієнт кочення сільськогосподарської машини у відповідності із заданим агрофоном.

5. Привідний агрегат, що має ємність

Опір такого агрегату визначається за наступною формулою

$$R_o = R_m + R_{np} \quad (4.14)$$

де R_m - тяговий опір сільськогосподарської машини, R_m

визначається за формулою 3.11;

R_{np} - зусилля, яке витрачається на привід робочих органів від ВВП, kH ;

$$R_{np} = \frac{0,159 \cdot N_{ВВП} \cdot \eta_{ТР}}{V_p \cdot \eta_{ВВП}} \quad (4.15)$$

де $N_{ВВП}$ - потужність, що витрачається на привід робочих органів від ВВП, kW ,

$\eta_{ТР}$ - коефіцієнт корисної дії трансмісії

$\eta_{ВВП}$ - коефіцієнт корисної дії ВВП, $\eta_{ВВП} \approx 0,95$.

6. Тягово-привідний агрегат

Опір такого агрегату визначається за наступною формулою

$$R_a = R_m + R_{mp}, \quad (4.16)$$

де R_m - тяговий опір сільськогосподарської машини, kH ; R_m визначається за формулою 4.4;

R_{np} - зусилля, яке витрачається на привід робочих органів від ВВП, kH визначається за формулою 4.16.

Оцінка розрахунку складу агрегату, а також і правильності вибору робочої передачі, проводиться за допомогою наступних коефіцієнтів:

а) коефіцієнту використання номінального тягового зусилля (ступеню завантаження трактора за номінальним тяговим зусиллям)

$$\eta_T = \frac{R_a}{P_T \pm G_{TP} \cdot \frac{i}{100}} \quad (4.17)$$

де R_a - тяговий опір агрегату, kH ; визначається за вищенаведеними формулами 4.1 ...4.17;

P_T - сила тяги трактора, kH , визначена за ф. 4.1;

G_T - вага трактора, kH ;

i - схил місцевості, %

б) ступеню завантаження трактора за максимальною тяговою потужністю

$$\eta_T = \frac{N_{T\Phi}}{N_T - N_a} \quad (4.17)$$

де $N_{T\Phi}$ - витрати потужності на подолання опору робочих машин, kBm ,

$$\eta_{T\Phi} = \frac{R_a \cdot v_p}{3,6} \quad (4.18)$$

де R_a - тяговий опір агрегату, kH ; визначається за вищенаведеними формулами 4.1...4.17;

N_T - ефективна максимальна тягова потужність, kBm , визначена за формулою 4.2;

N_a - витрати потужності на подоланні підйому, kBm , визначена за формулою 4.7;

в) ступеню завантаження трактора за номінальною ефективною потужністю двигуна

$$\eta_n = \frac{N_{\phi}}{N_{ен}} \quad (4.19)$$

де N_{ϕ} - ефективна фактична потужність двигуна, kBm , визначена за формулою 4.10;

$N_{ен}$ - номінальна ефективна фактична потужність двигуна, kBm , за технічною характеристикою трактора.

Завдання до звіту :

1. На підставі рекомендацій вибрати сільськогосподарську машину із шлейфу заданого трактора у відповідності із зазначеною у завданні технологічною операцією (Додаток 2).

2. Зробити оцінку тягового розрахунку складу агрегату (Додаток 1).

3.

Контрольні питання

1. Назвіть характерні особливості використання техніки в сільськогосподарському виробництві?

2. Які енергетичні засоби використовуються в сільському господарстві?

3. Дайте визначення машинно-тракторному і машинному агрегатам.

4. За якими ознаками класифікують систему тракторного парку?

5. Дайте характеристику сільськогосподарських тракторів за тяговим зусиллям

6. Міжнародна класифікація тракторів за тяговою потужністю.

7. Що таке машинно-тракторний та машинний агрегати?

8. Класифікація машинно-тракторних агрегатів.

9. Які основні вимоги ставляться до комплектування і використання агрегатів?

Практична робота №5

Час : 2 години

Тема: Розрахунок операційної карти

Мета : Навчитися розраховувати операційну карту.

Технічне забезпечення : навчальні посібники, навчальні плакати, лабораторії кафедри 111, 015.

Теоретичні відомості

Розрахунок кількості збиральних агрегатів. Для розрахунку кількості збиральних агрегатів та узгодження роботи зернозбиральних комбайнів та автомобілів у складі збирально-транспортної ланки необхідно враховувати пропускну здатність молотарки, швидкості руху і час заповнення зерном бункера комбайна при роботі в заданих умовах, тривалість рейсу автомобілів та їх кількість. На підставі виконаних розрахунків складається графік узгодження збирально-транспортної ланки.

Кількість основної техніки визначається за формулою:

$$M = \frac{T_{zn}}{W_{zm} \cdot T_{zm}}, \quad (5.1)$$

де T_{zn} - темп збирального процесу, га/дн;

W_{zm} – продуктивність за зміну, га/год;

T_{zm} – час зміни, год.

Темп збиральних процесів розраховуємо за формулою:

$$T_{zn} = \frac{S_i}{n_i}, \quad (5.2)$$

де S_i – площа збирання i -х процесів, га (150 га – прямим, 450 га – роздільним комбайнуванням); n_i – тривалість i -х процесів, днів.

Темп процесу скошування хлібів у валки:

$$T_{zn} = \frac{450}{8} = 56,25 \text{ га/дн.}$$

Кількість валкових жаток становить:

$$M = \frac{56,25}{2,13 \cdot 10} = 3 \text{ шт.}$$

Кількість комбайнів для обмолоту валків становить:

$$M = \frac{56,25}{1,9 \cdot 10} = 3 \text{ шт.}$$

Темп процесу збирання прямим комбайнуванням:

$$T_{zn} = \frac{150}{8} = 2 \text{ га/дн.}$$

Кількість комбайнів для прямого комбайнування становить:

$$M = \frac{15}{1,8 \cdot 10} = 1 \text{ шт.}$$

Для того щоб був вчасно зібраний врожай в максимально стислі строки необхідно мати 3 валкові жатки, 3 комбайни для підбирання та обмолочування валків та 1 комбайн, який буде збирати урожай прямим комбайнуванням.

Для визначення кількості транспортних засобів необхідно визначити показники, які дадуть можливість узгодити роботу комбайнів та автомобілів. Робочу ширину захвату валкової жатки B_p , для конкретних умов визначають за формулою:

$$B_p = \frac{10 \cdot g_e}{U(1 + \delta_c)}, \quad (5.3)$$

де g_e – вага 1 м² валка, кг;

U – врожайність зерна, т/га;

δ_c – солемистість.

Оптимальна вага 1 м² валка залежить від фактичної пропускної здатності комбайна для даних умов і швидкості руху комбайна. Доцільна швидкість руху комбайна становить 3...4 км/год, при середньому значенні 3,5 км/год, тому вагу 1 м² валка, можна розрахувати за формулою:

$$q_e = \frac{3,6 \cdot q_\phi}{V_{cp}}. \quad (5.4)$$

Фактична пропускна здатність молотарки комбайна (q_{ϕ}) залежить від солонистості, вологості хлібної маси та її засміченості. Фактична пропускна здатність q_{ϕ} , кг/с, для конкретних умов збирання:

$$q_{\phi} = q \cdot K_{\delta\omega\varepsilon}, \quad (5.5)$$

де q – пропускна здатність молотарки комбайна для нормальних умов збирання прямостоячих незасмічених посівів, що мають конденсійну вологість 15...18 % рослинної маси;

$K_{\delta\omega\varepsilon}$ – загальний поправочний коефіцієнт, що враховує солонистість, вологість та засміченість рослинної маси.

Загальний поправочний коефіцієнт обчислюють за формулою:

$$K_{\delta\omega\varepsilon} = K_{\delta} - K_{\omega} - K_{\varepsilon}, \quad (5.6)$$

де K_{δ} , K_{ω} , K_{ε} – коефіцієнти, які враховують відповідно солонистість, вологість, забур'яненість:

$$\begin{aligned} K_{\delta} &= 1,5 - 0,3\delta_c; \\ K_{\omega} &= (0,948 - 0,195\delta_c) \cdot 0,05 \cdot (\omega - 20); \\ K_{\varepsilon} &= [0,48 - (\delta_c - 1) \cdot 0,32] \cdot 0,02 \cdot \varepsilon, \end{aligned} \quad (5.7)$$

де ω – вологість рослинної маси, %;

ε – засміченість рослинної маси, %;

$$\begin{aligned} K_{\delta} &= 1,5 - 0,3 \cdot 1,5 = 1,05; \\ K_{\omega} &= (0,948 - 0,195 \cdot 1,5) \cdot 0,05(26 - 20) = 0,19; \\ K_{\varepsilon} &= [0,48 - (1,5 - 1) \cdot 0,32] \cdot 0,02 \cdot 0,3 = 0,00192. \end{aligned}$$

Підставимо значення коефіцієнтів в формулу 4.5 та обчислимо загальний поправочний коефіцієнт:

$$K_{\delta\omega\varepsilon} = 1,05 - 0,19 - 0,00192 = 0,86.$$

Звідси фактична пропускна здатність комбайна буде дорівнювати:

$$q_{\phi} = 6 \cdot 0,86 = 5,16 \text{ кг / с.}$$

Підставивши це значення фактичної пропускної здатності у формулу знайдемо значення ваги 1 м² валка:

$$q_{\epsilon} = \frac{3,6 \cdot 5,16}{3,5} = 5,3 \text{ кг.}$$

За формулою знайдемо робочу ширину захвату жатки:

$$B_p = \frac{10 \cdot 5,3}{4 \cdot (1 + 1,5)} = 9,3 \text{ м.}$$

Якщо хлібостій полеглий, вологий і засмічений, то спочатку визначається загальний коефіцієнт ($K_{\delta\omega\epsilon}$), а потім коефіцієнт на полеглисть (K_n). Коефіцієнт на полеглисть становить:

- при підбиранні валків:

$$K_{n.\epsilon} = 1,02 - 0,0245 \cdot P, \quad (5.8)$$

де P – полеглисть, %; при прямому комбайнуванні

$$K_{n.\kappa} = 1,02 \cdot 0,0065 \cdot P. \quad (5.9)$$

Пропускна здатність корегують за меншим значенням одного з коефіцієнтів. Зробити одночасно дві поправки до пропускну здатності неможливо, оскільки підвищена вологість і засміченість хлібної маси знижує пропускна здатність молотарки, а полеглисть обмежує якісну роботу жатки і призводить до зниження робочої швидкості комбайна. Швидкість руху комбайнового агрегату, км/год, визначається за формулою:

$$V_p = \frac{3,6 \cdot q_{\phi}}{B_k \cdot \beta \cdot U_z \cdot (1 + \delta_c)}, \quad (5.10)$$

де q_{ϕ} – фактична пропускна здатність молотарки, кг/с;

B_k – конструктивна ширина захвату жатки, м;

β – коефіцієнт використання ширини захвату жатки ($\beta = 0,94 \dots 0,95$);

U_z – врожайність зерна, т/га;

δ – солонистість.

$$V_p = \frac{3,6 \cdot 8}{6 \cdot 0,95 \cdot 4,5 \cdot (1 + 1,5)} = 3,79 \text{ км/год.}$$

Приклад розрахунку операційної карти схеми на глибоке рихлення.

1. Правильність визначеного складу МТА перевіряємо за оцінкою тягового розрахунку. Для чого визначаємо тяговий опір агрегату R_{agr} у відповідності з його типом по тяговому опору.

Для операції глибоке рихлення вибираємо агрегат який складається із ущільнювача-розпушувача УГП-6,0 і трактора ХТЗ-181,20.

Для даного агрегату тяговий опір буде дорівнювати:

$$R_a = k_v \cdot v_p + G_m \left(\lambda_d \cdot f_T \pm \frac{i}{100} \right)$$

де k_v – Питомий опір сільськогосподарської машини при роботі МТА, кН/м

v_p – робоча ширина захвату агрегату

G_m – вага с.г. машини $G_m=18\text{кН}$

λ_d – коефіцієнт довантаження, що враховує частину ваги начипної машини та вертикальні складові сили тягового опору, які додатково навантажують ходову систему трактора.

Для глибокого розпушування приймаємо $\lambda_d=1$.

f_T – Коефіцієнт кочення трактора, приймаємо $f_T=0,05$

i – схил місцевості, $i = 6\%$

$$k_v = k_0 \left[1 + (V_p - V_0) \frac{\Delta C}{100} \right]$$

тут k_0 – Питомий опір сільськогосподарської машини при швидкості руху $V_0=5\text{км/год}$ $k_0=13\text{кН/м}$

V_p – робоча швидкість агрегату яка буде дорівнювати:

$$V_p = V_m \cdot \eta_\delta$$

тут V_T – рекомендована теоретична швидкість трактора, $V_m=8\text{км/год}$;

η_δ – коефіцієнт буксування, що враховує втрати швидкості при буксуванні;

де δ – коефіцієнт буксування який приймаємо рівним:

-для колісних тракторів він буде дорівнювати $\delta = 13 \dots 18\%$

-для гусеничних тракторів він буде дорівнювати $\delta = 3 \dots 8\%$

$$\eta_{\delta} = 1 - \frac{5}{100} = 0,95$$

$$V_p = 8 \cdot 0,95 = 7,6 \text{ км/год}$$

$$V_0 = 5 \text{ км/год}$$

де ΔC – коефіцієнт що враховує зростання питомого опору сільськогосподарської машини при збільшенні швидкості на 1 км/год, приймаємо $\Delta C = 1 \dots 3\%$

$$k_v = 13 \left[1 + (7,6 - 5) \frac{3}{100} \right] = 14,014 \text{ кН / м}$$

$$v_p = v_k \cdot \beta$$

де v_k – конструктивна ширина захвату $v_k = 2,1 \text{ м}$

β – коефіцієнт використання конструктивної ширини захвату сільськогосподарської машини $\beta = 0,95$

$$v_p = 2,1 \cdot 0,95 = 1,99 \text{ м}$$

$$R_a = 14,01 \cdot 1,99 + 18 \left(1 \cdot 0,05 + \frac{6}{100} \right) = 29,85 \text{ кН}$$

Після визначення тягового опору агрегату визначаємо коефіцієнт використання номінального тягового зусилля.

$$\eta_T = \frac{R_a}{P_T \pm G_{TP} \frac{i}{100}}$$

де P_T – тягове зусилля трактора, $P_T = 43,59 \text{ кН}$

G_{TP} – вага трактора 92 кН

$$\eta_T = \frac{29,85}{43,59 + 92 \frac{6}{100}} = 0,6.$$

Далі визначаємо спосіб руху для виконання даної технологічної операції. Спочатку поле розбиваємо на загонки і визначаємо оптимальну ширину загонки S_{opt} .

$$C_{omn} = \sqrt{2 \cdot v_p \cdot L_p + 16 \cdot R^2}$$

де L_p – довжина робочого ходу агрегату, м

R – мінімальний радіус повороту агрегату, $R=1,89$ м

$$L_p = L_D - 2 \cdot E_\phi$$

де L_D – дійсна довжина гона $L_D = 1500$ м;

E_ϕ – фактична ширина поворотної смуги, м

$$E_\phi = \Pi \cdot v_p$$

де Π – кількість проходів агрегату по поворотній смугі при її оброблені. При отриманні розрахунків значення Π округлюють до цілого числа в більшу сторону

$$\Pi \approx \frac{E_{\min}}{v}$$

де v – ширина захвату агрегату, м, (при поверхневому оброблені $v=v_p$, встик $v=v_k$);

E_{\min} – мінімальна ширина поворотної смуги, м, величина якої визначається від виду повороту.

При петльових поворотах мінімальна ширина поворотної смуги буде дорівнювати:

$$E_{\min} = 3 \cdot R + e$$

де e – довжина виїзду агрегату, м

- для причіпних агрегатів $e = (0,5 \dots 0,7) \cdot l_k$

- для начіпних агрегатів $e = 0,2 \cdot l_k$

тут l_k – кінематична довжина агрегату, м

$$l_k = l_T + l_M$$

де l_T, l_M – кінематична довжина трактора та сільськогосподарської машини

$$l_k = 4 + 1,3 = 5,3 \text{ м}$$

$$e = 0,2 \cdot 5,3 = 1,06 \text{ м}$$

$$E_{\min} = 3 \cdot 1,89 + 1,06 = 6,73 \text{ м}$$

$$П \approx \frac{6,73}{1,99} = 3,38 \text{ округляємо до } 4$$

$$E_{\phi} = 4 \cdot 1,99 = 7,96 \text{ м}$$

$$L_p = 1500 - 2 \cdot 7,96 = 1484 \text{ м}$$

$$C_{\text{онт}} = \sqrt{2 \cdot 1,99 \cdot 1484 + 16 \cdot 1,89^2} = 77,22 \text{ м}$$

Перевірка правильності вибраного способу руху здійснюється шляхом визначення коефіцієнту робочих ходів φ

$$\varphi = \frac{L_p}{L_p + L_x}$$

де L_x – довжина холостого ходу агрегату яка визначається в залежності від способу руху.

Для човникового з грибовидними поворотами способу руху довжина холостого ходу агрегату буде дорівнювати:

$$L_x = 6 \cdot R + 2 \cdot l_k = 6 \cdot 1,89 + 2 \cdot 5,3 = 21,94 \text{ м}$$

$$\varphi = \frac{1484}{1484 + 21,94} = 0,98$$

Отже спосіб руху вибрано правильно так як $\varphi \approx 1$

Після вибору та перевірки правильності вибору способу руху визначаємо продуктивність та баланс часу зміни агрегату.

Змінну продуктивність $W_{\text{зм}}$ складених машинно-тракторних агрегатів визначаємо за формулою:

$$W_{\text{зм}} = 0,1 \cdot v_p \cdot V_p \cdot T_{\text{зм}} \cdot \tau$$

де $T_{\text{зм}}$ – Фактична тривалість часу зміни, год

$$T_{\text{зм}} = T_{\text{зм.н}} \cdot \alpha_{\text{зм}},$$

де $T_{\text{зм.н}}$ – нормативна тривалість часу зміни, $T_{\text{зм.н}} = 7$ год

$\alpha_{\text{зм}}$ – коефіцієнт змінності, $\alpha_{\text{зм}} = 1$

τ – коефіцієнт використання часу зміни,

$$\tau = \frac{T_p}{T_{зм}}$$

тут T_p – час чистої роботи за зміну, год

$$T_p = t_{pu} \cdot n_{ц}$$

де t_{pu} – час чистої роботи агрегату за цикл, год

$n_{ц}$ – кількість циклів за зміну

$$t_{pu} = \frac{L_p}{V_p} = \frac{1,484}{7,6} = 0,19 \text{ год},$$

$$n_{ц} = \frac{T_{зм} - T_{нз} - T_{\phi}}{t_{ц}},$$

де $T_{нз}$ – час на підготовчо-заклучні роботи

T_{ϕ} – час на фізіологічні потреби та відпочинок механізатора,

$T_{\phi}=0,62$ год

$t_{ц}$ – тривалість одного робочого циклу

$$T_{нз} = T_{цто} + T_{он},$$

де $T_{цто}$ – час щозмінного технічного обслуговування, $T_{цто}=0,5$ год

$T_{он}$ – Час на отримання завдання на роботу та здачу її при кінці зміни, $T_{он}=0,55$ год

$$T_{нз} = 0,5 + 0,55 = 1,05 \text{ год}$$

$$t_{ц} = t_{pu} + t_{xu} + t_{ту}$$

де t_{xu} – час на повороти агрегату за цикл

$$t_{xu} = \frac{L_x}{V_x}$$

де V_x – Швидкість агрегату по поворотній смузі, рекомендується

$V_x=5.....6$ км/год

$$t_{xu} = \frac{0,22}{5} = 0,44 \text{ год}$$

$t_{ту}$ – час на технічне обслуговування агрегату, $t_{ту}=1$ год

$$t_{ц} = 0,19 + 0,44 + 1 = 1,63 \text{ год}$$

$$n_{\text{ц}} = \frac{7 - 1,05 - 0,62}{1,63} \approx 5,56 = 6 \text{ циклів}$$

$$T_p = 0,19 \cdot 6 = 1,14 \text{ год}$$

$$\tau = \frac{1,14}{7} = 0,16$$

$$W_{\text{зм}} = 0,1 \cdot 1,99 \cdot 7,6 \cdot 7 \cdot 0,16 = 1,69 \text{ га / зм}$$

Годинна продуктивність агрегату дорівнює:

$$W_{\text{год}} = \frac{W_{\text{зм}}}{T_{\text{зм}}} = \frac{1,69}{7} = 0,24 \text{ га / год} .$$

Завдання до звіту :

1. Розрахувати (згідно Додатку 2) операційну карту?
2. Розрахувати склад МТА (Додаток 1).

Контрольні питання:

1. Назвати експлуатаційні показники сільськогосподарських машин
2. Від чого залежить тяговий опір енергетичного засобу?
3. Як перевірити правильність складу МТА.

Практична робота №6

Час : 4 годин

Тема: Опір сільськогосподарських машин при проектуванні МТА

Мета : Навчитися визначати опір сільськогосподарських машин

Технічне забезпечення : навчальні посібники, навчальні плакати, лабораторії кафедри 111, 015.

Теоретичні відомості

Тяговий опір сільськогосподарських машин при рівномірному русі агрегату визначають шляхом випробувань у польових умовах або розраховують. Випробування проводять при швидкості 5 км/год. Тяговий опір машин-знарядь поділяється на робочий і холостий.

Робочий тяговий опір сільськогосподарських машин – це опір, який виникає під час виконання технологічної операції. Холостий тяговий опір виникає в процесі виконання холостого ходу агрегату. Холостий опір агрегату розраховують за формулою

$$R_{ax} = G_m (f_m + i), \quad (6.1)$$

де R_{ax} – тяговий холостий опір агрегату, кН;

G_m – експлуатаційна вага сільськогосподарської машини, кН (див. каталог сільськогосподарської техніки);

f_m – коефіцієнт опору кочення сільськогосподарської машини;

i – величина підйому (схилу).

При комплектуванні МА та МТА розраховують робочий тяговий опір агрегату згідно вибраного діапазону робочих швидкостей. В процесі роботи агрегату має місце значна нерівномірність опору машин-знарядь у зв'язку із змінними факторами, що впливають на тяговий опір, це: природно-кліматичні умови (стан агрофону, рельєф поля, склад ґрунту тощо); експлуатаційний режим роботи агрегату і тягове зусилля, швидкість руху, робоча ширина захвату; конструкція машини (експлуатаційна вага, тип робочих органів, їх форма, число, матеріал виготовлення, технологічне виготовлення, тип та конструкція ходового апарату); технології виконання операції. Для упорядкування випадкових тягових опорів машин-знарядь (R_a) вводять поняття питомий опір (K_m).

Питомий опір сільськогосподарської машини – це тяговий опір, який припадає на одиницю конструктивної ширини захвату машини. Цей показник характеризує групи машин з однотипними робочими органами.

Для однотипних машин, які відрізняються тільки шириною захвату (сівалки, борони, культиватори, дискові борони, луцильники, котки, вирівнювачі та інші) питомий опір розраховується за формулою, кН/м,

$$K_m = \frac{R_a}{B_k}. \quad (6.2)$$

де R_a – тяговий робочий опір агрегату, кН.

B_k – конструктивна ширина захвату робочої сільськогосподарської машини, м.

Для плугів питомий опір розраховують за формулою, кН/м ,

$$K_{.m} = \frac{R_{nl}}{ab_k n_k}, \quad (6.3)$$

де R_{nl} – тяговий робочий опір плуга, кН;

a – глибина оранки, м;

b_k – ширина захвату одного корпусу плуга, м;

n_k – кількість корпусів, шт.

Для машин, у яких робочі органи приводяться в дію від валу відбору потужності, кН/м ,

$$K_M = \frac{N_{np}}{V_p B_k} \quad (6.4)$$

де N_{np} – потужність, яка витрачається на привід робочих органів машини, кВт;

V_p – робоча швидкість руху агрегату, км/год;

B_k – конструктивна ширина захвату машини, м.

Осередненні значення питомого опору машин знарядь, які розраховані на основі тягових випробувань агрегатів при швидкості руху $V_0 = 5$ км/год, приведені в таблиці (Додаток 4,5).

На питомий опір суттєво впливає швидкість руху агрегату.

Розрахунок залежності зміни питомих опорів від зміни діапазону робочих швидкостей: для однотипних машин (сівалки, культиватори, дискові та зубові борони, котки, вирівнювачі та інші), кН/м

$$K_{m.z} = K_m [(1 + \Pi (V_z - V_0))]; \quad (6.5)$$

для плугів, кН/м²:

$$K_{nl.z} = K_{nl} [(1 + \Pi (V_z^2 - V_0^2))], \quad (6.6)$$

де K_m – питомий опір машини при $V_p = 5$ км/год;

K_{nl} – питомий опір плуга при $V_p = 5$ км/год (табл. Додаток 4);

V_z – швидкість, при якій визначається питомий опір машини, км/год;

V_0 – початкове значення швидкості, $V_0 = 5$ км/год;

Π – коефіцієнт, що характеризує темп приросту опору на один кілометр підвищення робочої швидкості від початкового значення швидкості $V_0 = 5$ км/год.

Для практичних розрахунків орієнтоване значення коефіцієнта (Π) приведено в табл. 6.1.

Розрахунок тягових робочих опорів машин-знарядь:

- для зчіпок, кН

$$R_{зч} = G_{зч}(f_{зч} + i) \quad (6.7)$$

- для одно операційних машин, кН:

$$R_a = K_{мз} B_k + G_{зч} i; \quad (6.8)$$

- для багатоопераційних машин, кН

$$R_a = (K_{мз1} + K_{мз2}) \cdot \Pi_{м1} \cdot \nu_{м1} + (G_{м1} \cdot \Pi_{м1} + G_{м2} \Pi_{м2}) i + R_{зч} \quad (6.9)$$

- для орних агрегатів, кН ,

$$R_{пл} = K_{плз} a \nu_k n_k + G_{пл} \cdot i \quad (6.10)$$

де $K_{мз}$ – питомий опір машини при врахуванні встановленого діапазону робочих швидкостей, кН/м;

$K_{мз1}$ – питомий опір основної машини (наприклад культиватора при врахуванні встановленого діапазону робочих швидкостей, кН/м;

$K_{мз2}$ – питомий опір додаткової машини (наприклад, борони) в агрегаті при врахуванні швидкісного режиму роботи, кН/м;

Таблиця 6.1

Орієнтоване значення коефіцієнта (Π)

Технологічна операція	Марка машин	Розмір коефіцієнта (Π)
Культивація ґрунту	КШУ-12, АП-6, АПБ-6	0,02–0,03
Лущення стерні, дискування	ЛДГ-15, БДТ-7	0,03–0,05
Боронування	ЗБЗТ-1, ЗБЗСС-1, ЗОР-0,7, ЗБП-0,6, КЗБ-21, КЗК-10	0,017–0,025
Сівба зернових та технічних культур	СЗ-10,8, СЗ-5,4 Клен-6, УПС-12, ССТ-12Б, СУПН-8	0,01–0,015
Збирання кукурудзи на зерно	ККП-3, ККП-2	0,015–0,02
Збирання кукурудзи на силос	КПКУ-75, КПИ-2,4, КПИ-Ф-30	0,01–0,015
Скошування трав та зернових у валки	КПВ-3, ЖВП-6, ЖРС-4,9	0,03–0,05
Скошування трав	КС-2,1, КП-Ф-6, КД-Ф-4,0	0,02–0,04
Згрібання трав у валки	ГВК-6Г, ГП-Ф-16, ГВР-6Б	0,04–0,07
Обробіток ґрунту комб. машинами	РВК-5,4	0,04–0,07
Оранка	ПЛП-6-35, ПЛН-5-35, ПЛН-4-35, ПЛН-3-35, ПЯ-3-35	0,005–0,006

$K_{плз}$ – питомий опір плуга з врахуванням швидкісного режиму роботи, кН/м²;

$\Pi_{м1}$ – кількість основних машин в агрегаті, шт.;

P_{M2} – кількість додаткових машин в агрегаті, шт.;

b_{M1} – конструктивна ширина захвату основних машин, м;

$G_{зч}$ – експлуатаційна вага зчіпки, кН;

G_{M1} – експлуатаційна вага основної машини, кН;

G_{M2} – експлуатаційна вага додаткової машини, кН;

$G_{пл}$ – експлуатаційна вага плуга, кН;

a – глибина оранки, м;

b_k – ширина захвату корпусу плуга, м;

n_k – кількість корпусів, шт.;

$f_{зч}$ – коефіцієнт опору кочення зчіпки;

i – величина підйому;

- для тягово-привідних машин, кН ,

$$R_a = R_m + R_d \quad (6.11)$$

де R_m – холостий опір машини, кН;

R_d – додатковий опір, який виникає при приводі робочих органів машини від валу відбору потужності, кН.

$$R_m = G_m (f_m + i), \quad (6.12)$$

$$R_d = 3,6 N_{np} \eta_{mp} / V_p \eta_b \quad (6.13)$$

де G_m – експлуатаційна вага машини, кН;

f_m – коефіцієнт опору кочення машини;

i – величина підйому;

N_{np} – потужність, яка необхідна для приводу робочих органів машини, кВт;

η_{mp} – коефіцієнт корисної дії трансмісії машини, $\eta_{mp} = 0,9-0,95$;

η_b – коефіцієнт, що враховує втрати на подолання буксування ходового апарату машини.

$$\eta_b = 1 - \delta, \quad (6.14)$$

де δ – величина буксування ходового апарату робочої машини.

Орієнтовано $\eta_b = 0,8 - 0,9$.

V_p – робоча швидкість руху агрегату, км/год.;

$$R_a = G_m (f_m + i) + (3,6 \cdot N_{np} \eta_{mp} / V_p \cdot \eta_b) \quad (6.15)$$

- для бурякозбиральних та картоплюзбиральних машин

$$R_a = K_m b_m + (3,6 \cdot N_{np} \eta_{mp} / V_p \cdot \eta_b) \quad (6.16)$$

де K_m – питомий опір тягового опору машини, кН/м;

b_m – ширина захвату машини, м.

Потужність на привод робочих органів розраховують за формулою

$$N_{np} = N_{xx} + 0,1 N_y q_m \quad (6.17)$$

де N_{np} – потужність, яка витрачається на привод робочих органів машини, кВт;

N_{xx} – потужність, яка витрачається на холостий хід агрегату, кВт (табл. Додаток 4);

N_y – питома потужність, яка необхідна для обробітку 1 кг маси за 1 с, кВт·с/кг;

q_m – пропускна здатність машини, кг/с (табл. додаток 4).

Приклад. Розрахувати тяговий опір агрегату для передпосівного обробітку ґрунту під посів цукрових буряків.

Склад агрегату: Т-150+АП-6. Режим роботи: 8–10 км/год; $V_{p2} = 8,3$ км/год; $V_{p3} = 9,2$ км/год; $V_{p4} = 10,1$ км/год. Питомий опір агрегату для передпосівного обробітку ґрунту при швидкості $V_0 = 5$ км/год, $K_m = 2,3$ кН/м.

Відомо, що при збільшенні швидкості збільшується питома опір машини, а тому вносимо поправки за формулою, кН

$$K_{m.з} = K_m [(1 + \Pi (V_p - V_0))],$$

де Π – коефіцієнт приросту питомого опору машини (табл. 6.1); $\Pi = 0,03$.

$$K_{m.з II} = K_m [(1 + \Pi (V_{pII} - V_0))] = 2,3[(1 + 0,3(8,3 - 5))] = 2,52 \text{ кН/м};$$

$$K_{m.з III} = K_m [(1 + \Pi (V_{pIII} - V_0))] = 2,3[(1 + 0,3(9,2 - 5))] = 2,6 \text{ кН/м};$$

$$K_{m.з IV} = K_m [(1 + \Pi (V_{pIV} - V_0))] = 2,3[(1 + 0,03(10,1 - 5))] = 2,65 \text{ кН/м}.$$

Тяговий опір агрегату, кН

$$R_a = K_{m.з} \cdot v_m + G_m + i \quad (6.18)$$

де $K_{m.з}$ – питома опір сільськогосподарської машини, кН;

v_m – конструктивна ширина захвату машини, м; $v_m = 6$ м;

G_m – експлуатаційна вага АП-6, кН; $G_m = 32$ кН;

i – величина підйому; $i = 0,05$.

$$R_{aII} = K_{m.з II} \cdot v_m + G_m + i = 2,52 \cdot 6 + 32 \cdot 0,05 = 16,72 \text{ кН};$$

$$R_{aIII} = K_{m.з III} \cdot v_m + G_m + i = 2,6 \cdot 6 + 32 \cdot 0,05 = 17,2 \text{ кН};$$

$$R_{aIV} = K_{m.з IV} \cdot v_m + G_m + i = 2,65 \cdot 6 + 32 \cdot 0,05 = 17,5 \text{ кН}.$$

Приклад. Розрахувати опір плуга ПЛ-5-35, якщо відомо:

глибина оранки, $a = 0,27$ м;

величина підйому, $i = 0,05$;

діапазон робочих швидкостей 8–12 км/год;

експлуатаційна вага плуга, $G_m = 14$ кН;

ширина захвату корпусу, $v_k = 0,35$ м;

питома опір плуга при $V_0 = 5$ км/год, $K_{пл} = 40$ кН/м².

$V_{p2} = 8,3$ км/год; $V_{p3} = 9,2$ км/год; $V_{p4} = 10,1$ км/год; $\Pi = 0,006$.

Відомо, що при зростанні швидкості квадратично зростає зміна питомого опору плуга:

$$K_{нлз} = K_{нл} [(1 + \Pi_{нл} (V_p^2 - V_0^2))], \text{ кН/м}^2 ;$$

$$K_{нлзII} = K_{нл} [(1 + \Pi_{нл} (V_{p2}^2 - V_0^2))] = 40 [(1 + 0,006 (8,3^2 - 5^2))] = 50,4 \text{ кН/м}^2 ;$$

$$K_{нлзIII} = K_{нл} [(1 + \Pi_{нл} (V_{p3}^2 - V_0^2))] = 40 [(1 + 0,006 (9,2^2 - 5^2))] = 54 \text{ кН/м}^2 ;$$

$$K_{нлзIV} = K_{нл} [(1 + \Pi_{нл} (V_{p4}^2 - V_0^2))] = 50 [(1 + 0,006 (10,1^2 - 5^2))] = 58,4 \text{ кН/м}^2.$$

Тяговий опір плуга за вибраними передачами, кН ,

$$R_{нл} = K_{нлз} \cdot a \cdot v_m \cdot n_k + G_{нл} \cdot i \quad (6.19)$$

$$R_{нлII} = 50,4 \cdot 0,27 \cdot 0,35 \cdot 5 + 14 \cdot 0,05 = 24,5 \text{ кН};$$

$$R_{нлIII} = 54 \cdot 0,27 \cdot 0,35 \cdot 5 + 14 \cdot 0,05 = 26,3 \text{ кН};$$

$$R_{нлIV} = 58,4 \cdot 0,27 \cdot 0,35 \cdot 5 + 14 \cdot 0,05 = 28,3 \text{ кН}.$$

Експлуатаційні показники зчіпки: тяговий опір зчіпки ($R_{зч}$), кН; експлуатаційна вага зчіпки (G_m), кН; радіус повороту ($R_{пов}$), м; кінематична довжина виїзду зчіпки ($l_{зч}$), м; фронт зчіпки, м.

Фронт зчіпки визначають за формулою, м

$$\Phi_{зч} = (\Pi_m - 1) v_m, \quad (6.20)$$

де Π_m – кількість причіпних машин, приєднаних до бруса зчіпки, шт.; v_m – конструктивна ширина захвату однієї машини, м.

Кінематична довжина зчіпки – це відстань, на яку виводиться агрегат на поворотну смугу за межі контрольної лінії до початку повороту. Відношення агротехнічно-корисної роботи до загальних втрат механічної енергії являє собою коефіцієнт корисної дії сільськогосподарських машин. Користуючись складовими опору сільськогосподарських машин і балансу потужностей можна легко визначити ККД сільськогосподарської машини.

ККД робочих машин – величина непостійна, яка залежить від конструктивних і експлуатаційних факторів, характеру технологічного процесу, режимів роботи агрегатів і режимів обробітку, маси машини і маси матеріалу, які вона переміщує.

Найбільші значення ККД у плугів і луцильників – 0,7–0,8; у культиваторів і борін 0,4–0,6. Для сівалок ККД нижчий – 0,3–0,4; для косарок і жаток – 0,3–0,45. Для складних збиральних машин ще нижчий – 0,2–0,3. Такі порівняно низькі значення ККД машин потребують впровадження заходів, які дозволяють підвищити ККД.

Завдання для розрахунку опору сільськогосподарської машини при проектуванні МТА для виконання технологічної операції

Варіант	Технологічна операція	Варіант	Технологічна операція
1	Оранка на глибину 25 см : легких ґрунтів	19	Збирання льону
2	Оранка на глибину 25 см : середніх ґрунтів	20	Збирання кукурудзи на зерно
3	Оранка на глибину 25 см : важких ґрунтів	21	Збирання кукурудзи на зелений корм
4	Боронування боронами дисковими	22	Збирання буряку
5	Культивація суцільна штанговим культиватором	23	Збирання картоплі
6	Глибоке рихлення	24	Збирання гички буряку
7	Обробіток плоскорізами	25	Збирання буряку бурякокопачем
8	Лущення стерні дисковим луцильником	26	Снігозатримання
9	Рядковий посів зернових	27	Боронування боронами зубовими
10	Сівба зернових	28	Рядковий посів зернових сівалкою- луцильником
11	Сівба кукурудзи на зерно	29	Рядковий посів зернових сівалкою вузькорядною
12	Сівба кукурудзи на зелений корм	30	Рядковий посів зернових сівалкою дисковою
13	Посадка картоплі	31	Лущення стерні (14см) лемішним луцильником
14	Коткування кільцево- шпоровими катками	32	Лущення стерні (18см) лемішним луцильником
15	Обробіток міжряддя цукрових буряків : з підкормкою	33	Обробіток плоскорізами
16	Обробіток міжряддя цукрових буряків : з окучуванням	34	Культивація суцільна паровим культиватором
17	Збирання трав і зернових (соломи) косарками брусовими	35	Коткування гладкими катками
18	Збирання силосу	36	Збирання трав і зернових (соломи) граблями поперечними

Завдання до звіту :

1. Розрахувати опір сільськогосподарської машини при проектуванні МТА для виконання технологічної операції згідно варіанту (талб.6.2, Додаток 4, 5).
2. Назвіть характерні особливості використання техніки в

сілськогосподарському виробництві?

Питання для контролю:

1. Як визначати опір сілськогосподарських машин?
2. Які енергетичні засоби використовуються в сілському господарстві?
3. Дайте визначення машинно-тракторному і машинному агрегатам.

Практична робота №7

Час : 7 годин

Тема: Розрахунок технологічних операцій вирощування сілськогосподарських культур

Мета : Навчитися розраховувати операційну карту культури з урахуванням зональних умов їх вирощування

Технічне забезпечення : навчальні посібники, навчальні плакати, лабораторії кафедри 111, 015.

Теоретичні відомості

Одним із визнаних критеріїв одержання високих урожаїв кукурудзи при дотриманні і чіткому та своєчасному виконанні регламенту технологічних схем є підбір гібридів, які здатні рости в даних умовах. Більше того, в умовах одного господарства поля відрізняються за родючістю ґрунтів, попередниками, вологозабезпеченістю. Тому слід використовувати декілька гібридів із різними характеристиками ФАО, типу зерна, чутливістю до добрив, стійкістю до хвороб і густоти стояння тощо. Слід також не забувати, що навіть у зонах, де можна використовувати гібриди з більшим показником ФАО, рекомендується мати підбір із різними строками дозрівання. Це зменшить ризики від природних катаклізмів (наприклад, прохолодне літо), дасть змогу оптимізувати строки посіву та збирання. Гібридам кукурудзи характерні висока урожайність, швидка віддача вологи зерна під час дозрівання, високий компенсаційний потенціал (здатність утворювати додатковий качан при зріджених посівах), толерантність до хвороб, стійкість до стресових умов середовища та багато інших властивостей. У характеристиках гібрида слід звертати увагу на тип інтенсивності. Безумовно, гібриди інтенсивного типу мають значно кращі показники врожайності, але і потребують повного

дотримання умов вирощування. І якщо вони не отримують усіх необхідних ресурсів (добрив, світла, вологи, добре оброблених ґрунтів, чистоту від бур'янів та інших елементів агротехніки), то їхня врожайність може бути нижчою за традиційні сорти чи гібриди. Відтак, виходячи з ресурсів поля, слід правильно підібрати відповідний гібрид.

У технологічних системах землеробства операції по вирощуванню виконуються переважно машинно-тракторними агрегатами господарства, та є багатоваріантними в залежності від наявності: технічних засобів, характеристики полів, агротехнічних та екологічних вимог. Метою проектування технологічних операцій є забезпечення виконання заданого обсягу робіт з потрібною якістю при мінімально можливих витратах ресурсів. Тому пропонуємо склад агрегату та технологічні операції при вирощуванні кукурудзи на зерно, які наведено в таблиці 7.1.

Згідно технологічних та операційних карт прорахуємо ефективність їх використання при запропонованих технологіях вирощування кукурудзи на зерно. Для того, щоб забезпечити на належному рівні (з чітким дотриманням агротехнічних та технологічних вимог) своєчасне та беззбійне виконання кожної операції технологічного процесу вирощування кукурудзи на зерно необхідно визначити енергетичні, трудові та матеріальні потреби щодо кожної з них. Після цього, відповідно до розрахованих потреб треба обрати можливі варіанти комплектації машинотракторних агрегатів, що спроможні будуть їх задовольнити.

Слідуючим етапом буде оптимізація складу МТА та комплексу машин в цілому за такими критеріями ефективності, як продуктивність, енерго- та трудозатрати, приведені витрати, коефіцієнт використання, ступінь шкідливості впливу на навколишнє середовище. Враховуючи сучасні тенденції у світовому сільськогосподарському машинобудуванні та передовий досвід високо розвинутих країн у цій сфері, при остаточному визначенні складу комплексу машин необхідно враховувати реальні можливості господарства щодо його якісного та кількісного забезпечення та наявності джерел залучення необхідної техніки, трудових та матеріальних ресурсів [10].

**Основні показники роботи агрегатів для вирощування
кукурудзи на зерно**

Технологічні операції.	Якісні показники	Склад агрегату: марка трактора, машини, знарядь
Лушіння стерні	Глибина обробітку 6-8см	Т-150+ЛДГ-10 CASE P-195+УДА-4.5
Внесення мін. добрив	Згідно норми	МТЗ-82+РМГ-4
Оранка	Глибина оранки 30-32см	К-700+ ПН-8-35
Раньовесняне боронування	Глибина обробітку 6-8см	Т-150+БЗСС-1
Внесення гербіцидів	Згідно норми розрахунку	МТЗ-82+ОП-2000
Передпосівна культивування	Глибина культивування 5-6см	Т-150+2КПС-4
Обробка насіння	Згідно стандартизації	ПС-10
Посів	Глибина посіву 5-7см	МТЗ-82+ СУПН-8 МТЗ-82+СПЧ-6
Прикочування посіву	Глибина обробітку 3-4см	МТЗ-82 + 3ККШ-6
Міжрядний обробіток	Глибина обробітку 8-10см	МТЗ-82 +КРН-5.6
Збір врожаю		Джон-дір

Розрахуємо поопераційно технологічний процес при виконанні його різним комплексом машин.

Перша технологічна операція – лушіння стерні, що проводиться відразу після збирання парозаймальної культури. Найкраще задовольняє агротехнічним вимогам лушительник марки ЛДГ, також можливе використання культиватора КПГ-2. Обчислимо вищенаведені показники використання для слідуєчих машинно-тракторних агрегатів: Т-150+ЛДГ-15А, МТЗ-82+ЛДГ-5А та Т-150+КПГ-2. Для Т-150+ЛДГ-15А перевіряємо спочатку правильність комплектування агрегату, що визначається ступенем використання потужності трактора η_e :

$$\eta_e = \frac{N_e}{N_{en}}, \quad (7.1)$$

де N_e - потужність необхідна для виконання заданої операції, *кВт*;

N_{en} - номінальна потужність трактора, *кВт*.

Значення η_e для такої операції як лушіння знаходиться в межах 0,75-0,85.

Потужність N_e , необхідна для виконання заданої операції визначається за формулою:

$$N_e = \frac{\left[R_o + G_o \cdot \left(f_{mp} \pm \frac{i}{100} \right) \right] \cdot V_p}{3,6 \cdot \eta_{me} \cdot \eta_b}, \quad (7.2)$$

де R_o - опір агрегату, кН.;

G_o - вага агрегату, кН.;

f_{mp} - коефіцієнт опору перекочуванню трактора, $f_{mp}=0,09$;

i - величина підйому, %, для земель господарства, $i = 1\%$;

η_{me} - коефіцієнт корисної дії трансмісії трактора, для Т-150 $\eta_{me} = 0,8$;

η_b - коефіцієнт буксування трактора:

$$\eta_b = 1 - \frac{\delta}{100}, \quad (7.3)$$

де: δ - допустимий коефіцієнт буксування, %, $\delta = 12\%$.

$$\eta_b = 1 - \frac{12}{100} = 0,88.$$

$$R_o = k_v \cdot B + G_m \cdot i / 100, \quad (7.4)$$

де: R_o - питомий тяговий опір машини при швидкості $V_o=5$ км/год, кН/м, для луцильника $R_o = 1,3$ кН/м;

ΔK - темп наростання питомого опору машини при збільшенні швидкості машини на 1 км/год, %, для луцильника $\Delta K = 2,5\%$.

$$K_v = 1,3 \cdot [1 + 2,5/100(11-50)] = 1,4 \text{ кН/м}; \quad (7.5)$$

$$R_o = 1,4 \cdot 15 + 3,76 \cdot 1/100 = 20,04 \text{ кН};$$

$$N_e = \frac{[20,04 + 74,0 \cdot (0,09 + 0,01)] \cdot 11}{3,6 \cdot 0,8 \cdot 0,88} = 124,9 \text{ кВт};$$

$$\eta_e = \frac{124,9}{150} = 0,83.$$

За результатами розрахунку можна зробити висновок, що машинно-тракторний агрегат укомплектований правильно, так як ступінь використання потужності трактора для даної операції з обраним луцильником знаходиться в рекомендованих межах [8].

Наступний етап - визначення техніко-економічних показників роботи машинно-тракторного агрегату. Продуктивність обраного МТА розраховується за формулою:

$$W_{год} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot \tau, \quad (7.6)$$

де B_p - робоча ширина захвату машини, м, $B_p = 15$ м;

τ - коефіцієнт використання часу зміни:

$$\tau = \frac{\tau_p}{\tau_{зм}}, \quad (7.7)$$

де τ_p - час основної роботи агрегату за зміну, год, $\tau_p = 5,6$ год.;

$\tau_{зм}$ - тривалість зміни, год, $\tau_{зм} = 7$ год.

$$\tau = \frac{5,6}{7} = 0,8;$$

$$W = 0,1 \cdot 15 \cdot 11 \cdot 0,8 = 12,96 \text{ га / год.}$$

Для подальших розрахунків необхідно визначити тривалість циклу:

$$T_{\text{ц}} = T_{\text{рц}} + T_{\text{нц}} + T_{\text{тц}}, \quad (7.8)$$

де $T_{\text{рц}}$ - час чистої роботи протягом циклу, год;

$T_{\text{нц}}$ - час поворотів протягом циклу, год;

$T_{\text{тц}}$ - час технологічного обслуговування протягом циклу, $T_{\text{тц}} = 0,04$ год.

Час чистої роботи протягом циклу можна визначити за формулою:

$$T_{\text{рц}} = \frac{10^{-3} \cdot L_p}{V_p}, \quad (7.9)$$

де L_p - робоча довжина гону, м.

$$L_p = L - 2 \cdot E, \quad (7.10)$$

де L - середньозважена довжина гону, м;

E - ширина поворотної смуги, м.

$$E = 1,5 \cdot R = e, \quad (7.11)$$

де R - радіус повороту агрегату, м;

e - довжина виїзду, м.

$$R = 4 \cdot B_p, \quad (7.12)$$

$$R = 4 \cdot 15 = 60 \text{ м};$$

$$e = (0,5 + 0,75) \cdot (l_m + l_{mp}), \quad (7.13)$$

де: l_m - кінематична довжина машини, м, $l_m = 10,3$ м;

l_{mp} - кінематична довжина трактора, м, $l_{mp} = 3,15$ м.

$$e = (0,5 + 0,75) \cdot (10,3 + 3,15) = 16,8 \text{ м.}$$

$$E = 1,5 \cdot 60 + 16,8 = 106,8 \text{ м.}$$

Ширину поворотної смуги уточнюють за формулою:

$$E_{\phi} = n \cdot B_p, \quad (7.14)$$

де n - коефіцієнт кратності.

$$E = 8 \cdot 15 = 120 \text{ м} > E;$$

$$L = 800 - 2 \cdot 120 = 560 \text{ м};$$

$$T_{\text{ци}} = \frac{10^{-3} \cdot L_x}{V_x}, \quad (7.15)$$

де L_x - довжина повороту, м;

V_x - швидкість руху агрегату в процесі повороту, км/год,

$V_x = 7$ км/год.

Довжина повороту визначається:

$$L_x = 6 \cdot R + 2 \cdot e, \quad (7.16)$$

$$L_x = 6 \cdot 6 + 2 \cdot 16,8 = 393,6 \text{ м};$$

$$T_{\text{ци}} = \frac{10^{-3} \cdot 393,6}{7} = 0,0562 \text{ год}.$$

$$\eta = \frac{T_{\text{зм}} - (T_{\text{ТО}} + T_{\text{ПЗ}} + T_{\text{П}} + T_{\text{ПМ}})}{T_{\text{ц}}}, \quad (7.17)$$

де $T_{\text{то}}$ - час, що витрачається на технічне обслуговування, год;

$T_{\text{пз}}$ - час підготовчо-заклучних робіт, год, для Т-150 - 0,5 год;

$T_{\text{п}}$ - час на регламентовані внутрішньозмінні перерви, на відпочинок та особисті потреби персоналу, год, $T_{\text{п}} = 0,4$ год;

$T_{\text{пм}}$ - час на переїзди до місця роботи, год, приймаємо $T_{\text{пм}} = 0,14$ год.

$$T_{\text{ТО}} = 0,025 \cdot T_{\text{зм}}, \quad (7.18)$$

$$T_{\text{то}} = 0,025 \cdot 7 = 0,175 \text{ год}.$$

$$\eta_{\text{ц}} = \frac{7 - (0,175 + 0,5 + 0,4 + 0,14)}{0,149} = 34,8 \text{ циклів}.$$

Кількість циклів приймаємо рівну 35.

Час на виконання основної роботи визначається:

$$T_p = T_{pu} \cdot n_w, \quad (7.19)$$

$$T_p = 0,053 \cdot 39 = 2,03 \text{ год.}$$

Визначення необхідної кількості агрегатів для виконання луцення за формулою:

$$n_a = \frac{S}{W_{\text{ГОД}} \cdot T_{\text{ЗМ}} \cdot K_{\text{ЗМ}} \cdot D_H} \quad (7.20)$$

де: S - обсяг робіт, га, $S=450$ га;

$K_{\text{ЗМ}}$ - коефіцієнт змінності, $K_{\text{ЗМ}} = 2$;

D_H - агротехнічний строк виконання операції, днів, $D_H = 3$ дні.

$$n_a = \frac{450}{12,96 \cdot 2 \cdot 3} = 0,82 \text{ шт.}$$

Приймаємо кількість агрегатів $n_a = 1$.

Середньозмінну витрату палива визначимо за формулою (7.21):

$$Q_{\text{год}} = \frac{Q_p \cdot T_p + Q_x \cdot T_x + Q_3 \cdot T_3}{T_p + T_x + T_3}, \quad (7.21)$$

де Q_p, Q_x, Q_3 - годинна витрата палива на відповідних режимах роботи

двигуна: робочому $=Q_p = 22,3 \text{ кг/год}$, холостому $=Q_x = 12 \text{ кг/год}$, зупинках з працюючим двигуном $=Q_3 = 2,5 \text{ кг/год}$;

T_p, T_x, T_3 - тривалість роботи двигуна на відповідних режимах, год,

$$T_p = 4,05 \text{ год}, T_x = 2,09 \text{ год}, T_3 = 0,86 \text{ год.}$$

Тривалість роботи на холостому ході дорівнює:

$$T_x = T_{ny} \cdot \Pi_{ny} + T_{nm}, \quad (7.22)$$

$$T_x = 0,056 \cdot 39 + 0,14 = 2,09 \text{ год.}$$

Тривалість зупинок з працюючим двигуном :

$$T_3 = T_{\text{тц}} \cdot n_{ny} + T_{\text{то}} + T_{\text{ш}}; \quad (7.23)$$

$$T_3 = 0,03 \cdot 39 \cdot 0,175 + 0,5 = 0,86 \text{ год.}$$

$$Q_{\text{год}} = \frac{22,3 \cdot 4,05 + 12 \cdot 2,09 + 2,5 \cdot 0,86}{4,05 + 2,09 + 0,86} = 18,4 \text{ кг / год.}$$

Визначимо витрату палива на одиницю площі :

$$Q_{га} = \frac{Q_{год}}{W_{год}}, \quad (7.24)$$

$$Q_{га} = \frac{18,4}{12,96} = 1,42 \text{ кг / га.}$$

Витрата палива на весь об'єм робіт становить:

$$Q = Q_{га} \cdot S, \quad (7.25)$$

$$Q = 1,42 \cdot 450 = 636 \text{ кг}$$

Витрати робочого часу на 1 га дорівнюють:

$$H_{га} = \frac{n_m}{W_{год}}, \quad (7.26)$$

де n_m - кількість робітників, які обслуговують даний машинотракторний агрегат, $n_m = 1$.

$$H_{га} = 1 / 12,96 = 0,077 \text{ люд.год/га.}$$

Витрати робочого часу на весь об'єм робіт:

$$H = H_{га} \cdot 8, \quad (7.27)$$

$$H = 0,077 \cdot 450 = 34,65 \text{ люд.год.}$$

Кількість годин роботи на добу визначемо:

$$T_{доб} = T_{зм} \cdot K_{зм}, \quad (7.28)$$

$$T_{доб} = 7 \cdot 2 = 14 \text{ год.}$$

Аналогічно приведеному вище, виконується технологічний розрахунок операції лущення стерні при виконанні її машинотракторними агрегатами Т-150+КНГ-2 та МТЗ-82+ЛДГ-5А.

Основний обробіток ґрунту, а саме – оранка, є наступною технологічною операцією при вирощуванні кукурудзи на зерно.

Господарство може забезпечити виконання цієї операції наступними наявними агрегатами: Т-150+ПЛН-6-35, МТЗ-82+ШШ-3-35. Найбільш оптимальним є агрегат МТЗ-82+ШШ-3-35, John Deer + Horsch Tiger МТ Ropa.

Внесення добрив наступний етап розрахунків. Для підбору агрегатів для внесення в першу чергу необхідно розрахувати об'єм робіт - норму внесення, загальну кількість туків, що можна визначити, виходячи з наступних показників: плануємої врожайності, нормативної витрати туків на отримання 1 ц врожаю і поправочного коефіцієнта на агрохімічні властивості ґрунту.

Отже, норма внесення за діючою речовиною може бути визначена за виразом:

$$D_n = Y_n \cdot H_e \cdot K_n, \quad (7.29)$$

де D_n - норма внесення туків, кг/га;

Y_n - планована врожайність, ц/га, $Y_n = 60$ ц/га;

H_e - нормативна витрата на отримання 1 ц врожаю, кг (для азоту, фосфору та калію беремо з Додатків [22-24]);

K_n - поправочний коефіцієнт на агрохімічні властивості ґрунту (чорноземів південних та звичайних); для азоту, фосфору та калію становить відповідно 1,0; 1,3; 1,3, беремо з Додатків [22-24]);

Таким чином, норма внесення азоту дорівнює:

$$D_n = 60 \cdot 2,5 \cdot 1,0 = 150 \text{ кг/га д.р.},$$

для фосфору:

$$D_\phi = 60 \cdot 2,9 \cdot 1,3 = 226 \text{ кг/га д.р.},$$

для калію:

$$D_k = 60 \cdot 1,6 \cdot 1,3 = 124 \text{ кг/га д.р.},$$

Загальна норма внесення складає:

$$D_{NHK} = D_\phi + D_p + D_k, \quad (7.30)$$

$$L_{NHK} = 150 + 226 + 124 = 500 \text{ кг/га д.р.},$$

Загальна кількість добрив визначиться за формулою:

$$D_{заг} = S \cdot D_{NHK}, \quad (7.31)$$

де S - площа внесення, га, $S = 450$ га.

$$D_{заг} = 450 \cdot 500 = 225000 \text{ кг д.р.} = 225 \text{ т д.р.}$$

Таку норму та кількість внесення можна забезпечити слідуючими наявними МТА: МТЗ-82+РМГ-4, та МТЗ-82+МВУ-5.

Аналізуючи є можливість обрати оптимальний варіант комплектування МТА- МТЗ-82+МВУ-5, МТЗ-82+РМГ-4.

Передпосівна культивация, та боронування також потребують розрахунку та аналізу можливих варіантів. Найкраще з існуючих в

господарстві задовольняють агротехнічним вимогам такий агрегат: МТЗ-82+ПРС-3,8. Діаграмне порівняння техніко-економічних показників виявляє за усіма параметрами найкращим агрегат Т-150+КПС-4+2,4БЗТУ-1,0.

Посів з внесенням туків. Сівба може бути виконаною наступними МТА: МТЗ-82+СУПН-8А; Т-150+СЗЧ-6. Остання операція для якої буде проведена оптимізація вибору технічних засобів це огляд за посівами, а саме внесення гербіцидів проти шкідників та хвороб шляхом обприскування. З числа придатних для виконання цієї операції МТА можливість застосувати наступні: МТЗ-82+ОП-2000-2, МТЗ-82+АВГ-8, Т-150К+ОП-3200, John Deere + 2230 FH John Deere.

Комплекс машин, який при розрахунках показав найкращі результати для вирощування кукурудзи на зерно і входять до технологічних операцій з яких складається технологічна карта, де в чіткій формі визначений порядок, об'єм і строки проведення робіт, які необхідні виконати з метою отримання заданої якості і кількості продукції представлена на листі графічної частини.

Розрахунок операційної карти на передпосівну культивуацію.

Вхідні дані для розрахунку:

$V_0=12$ км/год – швидкість холостого ходу;

$K_0=4,1$ кН/м – питомий опір машини при вибраній шидкості руху;

$V_p= 8$ км/год– робоча швидкістьруху;

$B_m=4$ м – ширина захвату агрегату,

$G_m=36,8$ кН – вага агрегату;

$\Delta C=3\%$ – темп наростання питомого опору робочої машини.

Загальний опір машини визначаємо по формулі:

$$R_a = R_m + R_{вoм}, \quad (7.32)$$

де $R_{вoм}$ – зусилля на вал відбору потужності, $R_{вoм}=0$;

R_m – тяговий опір робочої машини.

$$R_m = k_v \cdot B_m \pm G_m \cdot \frac{1}{100}; \quad (7.33)$$

$$k_v = k_0 \left[1 + (V_p - V_0) \frac{\Delta C}{100} \right]; \quad (7.34)$$

$$k_v = 4,1 \left[1 + (12,3 - 6) \frac{3}{100} \right] = 4,8 \text{ кН/м};$$

$$R_m = 4,8 \cdot 4 + 36,8 \cdot \frac{2}{100} = 19,94 \text{ кН}.$$

Приймаємо $R_M \approx 20 \text{ кН}$.

Номінальну силу тяги трактора при вибраній робочій швидкості $V_p = 8 \text{ км/год}$ ведемо паралельно для двох тракторів МТЗ-80 і Т-150К по формулі:

$$P_{ДВ} = \frac{0,159 \cdot N_e \cdot i_T \cdot \eta_M}{r_k \cdot n_k}, \quad (7.35)$$

де N_e - номінальна потужність двигуна:

$N_{e1} = 84,6 \text{ кВт}$ – МТЗ–80; $N_{e2} = 10,4 \text{ кВт}$ – Т-150К;

n_H - номінальна частота обертання колінчатого вала двигуна:

$n_{H1} = 36,7 \text{ с}^{-1}$; $n_{H2} = 33,3 \text{ с}^{-1}$;

i_T - передаточне число трансмісії: $i_{T1} = 49$; $i_{T2} = 22,1$;

η_M - механічний ККД трансмісії, згідно [3]: $\eta_{M1} \approx 0,9$; $\eta_{M2} \approx 0,88$.

$$P_{ДВ1} = \frac{0,159 \cdot 84,6 \cdot 49 \cdot 0,9}{0,727 \cdot 36,7} = 21,7 \text{ кН};$$

$$P_{ДВ2} = \frac{0,159 \cdot 110,4 \cdot 22,1 \cdot 0,88}{0,382 \cdot 33,3} = 27,45 \text{ кН}.$$

Максимальна сила зчеплення трактора з ґрунтом:

$$F_{\max} = \mu \cdot G_C, \quad (7.36)$$

де μ - коефіцієнт зчеплення ведучих коліс з ґрунтом: $\mu_1 = 0,7$; $\mu_2 = 0,9$;

G_C - зчїпна вага трактора:

$$G_{C1} = \frac{2}{3} \cdot G_T \cdot \cos \alpha, G_{C2} = G_T \cdot \cos \alpha, \quad (7.37)$$

G_T - вага трактора $G_{T1} = 37,5 \text{ кН}$; $G_{T2} = 77,4 \text{ кН}$;

$\alpha = 1^\circ 42'$ ($i = 2\%$, $\cos \alpha = 0,99$; $\sin \alpha = 0,02$).

$$F_{\max 1} = 0,7 \cdot \frac{2}{3} \cdot 37,5 \cdot 0,99 = 17,32 \text{ кН};$$

$$F_{\max 2} = 0,9 \cdot 77,4 \cdot 0,99 = 68,96 \text{ кН}.$$

Сила опору перекочування:

$$P_f = G_T \cdot f_T. \quad (7.38)$$

де f_T - коефіцієнт опору руху: $f_{T1} = 0,09$; $f_{T2} = 0,1$.

$$P_{f1} = 37,5 \cdot 0,09 = 3,37 \text{ кН};$$

$$P_{f2} = 77,4 \cdot 0,1 = 7,74 \text{ кН}$$

Затрати сил на подолання підйому:

$$P_\alpha = G_T \sin \alpha, \quad (7.39)$$

$$P_{\alpha 1} = 37,5 \cdot 0,02 = 0,75 \text{ кН};$$

$$P_{\alpha 2} = 77,4 \cdot 0,02 = 1,55 \text{ кН}.$$

Тягове зусилля на крїюку трактора отримаємо із виразу:

$$P_{KP} = P_K \cdot P_F \pm P_\alpha, \quad (7.40)$$

де P_K - дотична сила тяги обмежена потужністю двигуна або силою значення з ґрунтом:

$$P_{ДВ1} = 21,7 \text{ кН} > F_{max1} = 17,32 \text{ кН} \Rightarrow P_{K1} = 17,3 \text{ кН};$$

$$P_{ДВ2} = 27,45 \text{ кН} > F_{max2} = 68,96 \text{ кН} \Rightarrow P_{K2} = 27,45 \text{ кН};$$

$$P_{KP1} = 17,32 - 3,37 + 0,75 = 14,7 \text{ кН};$$

$$P_{KP2} = 27,45 - 7,74 + 1,55 = 21,26 \text{ кН}.$$

Як видно з результатів подальші розрахунки будемо вести для трактора Т-150, так як трактор МІЗ-100 не забезпечує необхідного тягового зусилля.

Розраховуємо робочу швидкість руху, визначивши перед цим теоретично:

$$V_T = \frac{22,6 \cdot r_0 \cdot n_H}{i_T \cdot I_T}, \quad (7.41)$$

де $r_0 = r_k$ - радіус початкового кола ведучої зірочки, $r_0 = 0,382$ м.

$$V_T = \frac{22,6 \cdot 0,382 \cdot 33,3}{22,1} = 13,0 \text{ км/год}.$$

Звідси:

$$V_P = V_T \cdot \left(1 - \frac{\delta}{100}\right), \quad (7.42)$$

де $\delta = 4\%$ - величина буксування;

$$V_P = 13,0 \cdot \left(1 - \frac{4}{100}\right) = 12,5 \text{ км/год}.$$

Коефіцієнт використання, тягового зусилля трактора визначається, як:

$$\eta_T = \frac{R_{aep}}{P_{kp} - G_T \cdot \frac{1}{100}}; \quad (7.43)$$

$$\eta_T = \frac{20}{21,26 - 77,4 \cdot \frac{2}{100}}.$$

До кінематичних характеристик агрегату відносяться спосіб руху і види поворотів, при цьому вибираємо: човниковий спосіб руху з безпетльовими гвинтоподібними поворотами на 180° . Тоді кінематична довжина агрегату визначається за формулою:

$$l_K = l_T + l_M, \quad (7.44)$$

де l_T - довжина трактора, $l_T = 2,55$ м;

l_M — довжина машини, $l_M = 7,6$ м;

$$l_K = 2,55 + 7,6 = 10,15 \text{ м}.$$

Радіус повороту:

$$R=R_0 \cdot k_r, \quad (7.45)$$

де $R_0=1,5$ м,

B_m — радіус повороту агрегату при швидкості руху $V_0=4$ км/год;

$$R_0 = 4 \cdot 1,5 = 6\text{м};$$

$k_r=1,2$ - коефіцієнт зміни радіуса повороту трактора;

$$R=6 \cdot 1,2 = 7,2\text{м}.$$

Мінімальна ширина поворотної смуги:

$$E_{min}=2,8 \cdot R + 0,5 \cdot B_k + l, \quad (7.46)$$

де l - довжина виїзду, $l = 0,5 \cdot l_k$

$$E_{min} = 2,8 \cdot 7,2 + 0,5 \cdot 4 + 5,07 = 27,23 \text{ м}.$$

З урахуванням того, що фактична ширина поворотної смуги повинна бути кратною ширині захвату агрегату, приймаємо $E_\phi=28\text{м}$.

Робоча довжина гону:

$$L_P=L_{зон} - 2 \cdot E_\phi = 1000 - 2 \cdot 28 = 944\text{м}.$$

Довжина холостого ходу:

$$L_{XX}=6,6 \cdot R + 2 \cdot l, \quad (7.47)$$

$$L_{XX}=6,6 \cdot 7,2 + 2 \cdot 5,07 = 57,66\text{м}.$$

Коефіцієнт робочих ходів визначається по формулі:

$$\varphi = \frac{L_P}{L_P + 6 \cdot R + 2l}; \quad (7.48)$$

$$\varphi = \frac{944}{944 + 6 \cdot 7,2 + 25,07} = 0,94.$$

Отже спосіб руху вибраний правильно.

Для визначення продуктивності агрегату розрахуємо баланс часу роботи. перш за все - це робочий час за цикл:

$$t_P = \frac{2 \cdot L_P}{V_P}, \quad (7.49)$$

$$t_P = \frac{2 \cdot 0,944}{12,5} = 0,15 \text{ год}.$$

Час холостого ходу за цикл:

$$t_{XX} = \frac{2 \cdot L_X}{V_X} = \frac{2 \cdot 0,057}{7} = 0,01 \text{ год}.$$

Тривалість циклу:

$$t_{\varphi} = 0,15 + 0,01 = 0,16 \text{ год}$$

Позациклові затрати часу за зміну, визначаються за формулою:

$$T_1 = T_{ПЗ} + T_{ВІДН} + T_{ПЕР} + T_{ОБС}, \quad (7.50)$$

де $T_{ПЗ}$ - підготовчо-заклучний час, згідно [4], $T_{ПЗ} = 0,85$ год.;

$T_{ВІДН}$ - час на перерви на обід і відпочинок, $T_{ВІДН} \approx 0,4$ год;

$T_{ПЕР}$ - час на переїзди з поля на поле, його визначаємо із розрахунку середнього розміру поля 40га, тоді:

$$T_{пер} = n_{пер} \cdot t_{пер}, \quad (7.51)$$

$$n_{пер} \approx \frac{W_{зм}}{F}, \quad (7.52)$$

де $W_{зм}$ - орієнтована змінна продуктивність, що визначається за формулою:

$$W_{зм} = 0,06 \cdot V_P \cdot V_P \cdot T_{зм}, \quad (7.53)$$

$$W_{зм} = 0,06 \cdot 4 \cdot 12,5 \cdot 7 \approx 21,3 \text{ га/зм.}$$

$$n_{пер} \approx \frac{21,3}{40} = 0,5,$$

$$t_{пер} = 0,06 + \frac{10}{15} = 0,72 \text{ год.}$$

$$T_{пер} = 0,5 \cdot 0,72 = 0,36 \text{ год.}$$

Тоді позациклові затрати часу складатимуть:

$$T_1 = 0,83 + 0,4 + 0,36 + 0,1 = 1,69 \text{ год.}$$

Кількість циклів за зміну:

$$n_{ц} = \frac{T_{зм} - T_1}{t_{ц}}, \quad (7.54)$$

$$n_{ц} = \frac{4 - 1,69}{0,16} \approx 34.$$

Час на повороти за зміну:

$$T_{пов} = n_{ц} \cdot t_{ц}, \quad (7.55)$$

$$T_{пов} = 0,01 \cdot 34 = 0,34 \text{ год.}$$

Дійсний час зміни:

$$T_{зм}^{\partial} = n_{ц} \cdot t_{ц} + T_1, \quad (7.56)$$

$$T_{зм}^{\partial} = 0,16 \cdot 34 + 1,69 = 7,13 \text{ год.}$$

$$T_P = T_{зм}^{\partial} - (T_1 + T_{пов}) = 7,13 - (1,69 + 0,34) = 5,1 \text{ год.}$$

Коефіцієнт використання часу зміни:

$$\tau = \frac{T_p}{T_{3M}},$$

$$\tau = \frac{5,1}{7,13} = 0,7.$$

Змінна продуктивність агрегату.

$$W_{3M} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot T_{3M} \cdot \tau; \quad (7.57)$$

$$W_{3M} = 0,1 \cdot 4 \cdot 12,5 \cdot 7,13 \cdot 0,7 = 25,4 \text{ га/зМ.}$$

Визначимо погектарну витрату палива:

$$g_{2a} = \frac{G_p \cdot T_p + G_x \cdot T_x + G_n \cdot T_n + G_0 \cdot T_0}{W_{3M}}, \quad (7.58)$$

де $G_p = 22$ кг/год — погодинна витрата палива при робочому ході;

$G_x = 11,5$ кг/год — холостому ході;

$G_n = 10$ кг/год — на поворотах;

$G_0 = 2,5$ кг/год — настоянках.

$$g_{2a} = \frac{22 \cdot 5,1 + 11,5 \cdot 0,56 + 10 \cdot 0,34 + 2,5 \cdot 0,6}{25,4} = 4,87 \text{ км/га.}$$

$$A_0 = \frac{N_{кр} \cdot T_{3M}^l}{W_{3M}}. \quad (7.59)$$

Затрати праці на одиницю роботи:

$$z_T = \frac{(m_{TP} \cdot m_0) \cdot T_{3M}}{W_{3M}}; \quad (7.60)$$

$$z_T = \frac{(1 \cdot 7,13)}{25,4} = 0,28 \frac{\text{люд} \cdot \text{год}}{\text{га}}.$$

Експлуатаційні затрати агрегатів, які виконують даний обсяг роботи:

$$S_0 = \sum S_a + \sum S_{mp} + \sum S_{ПММ} + \sum S_{3п}, \quad (7.61)$$

де S_a - затрати на амортизацію;

S_{TP} - затрати на текущий ремонт;

$S_{ПММ}$ — затрати на паливно-мастильні матеріали;

$S_{3п}$ - заробітна платня.

Необхідна кількість агрегатів:

$$n = \frac{F}{D \cdot W_{зм} \cdot a}; \quad (7.62)$$

$$n = \frac{40}{5 \cdot 25,4 \cdot 1} \approx 1 \text{ агр.}$$

Тоді, виходячи з кількості агрегатів будемо мати:

$$S_A = S_{AT} + S_M = \frac{(a_{pm} + a_{км}) \cdot B_T}{100 \cdot T_{pm} \cdot W_2} + \frac{a_{pm} + B_M}{100 \cdot T_{pm} \cdot W_2}, \quad (7.63)$$

де a_{pm} , $a_{км}$ - норми відрахувань на реновацію і капітальний ремонт тракторів;

$$a_{pm} = 12,5\%; a_{рм} = 14,2\%; a_{км} = 6\%;$$

B_T , B_M - вартість трактора та машини: $B_T = 118640$ грн, $B_M = 26500$ грн;

T_{pm} , $T_{рм}$ - річне завантаження трактора і машини: $T_{pm} = 800$ год, $T_{рм} = 100$ год;

W_2 - годинна продуктивність агрегату $W_2 = W_{зм}/T_{зм} = 25,4/7 = 3,6$ га/год

Звідси:

$$S_A = \frac{(12,5 + 6) \cdot 118640}{100 \cdot 800 \cdot 3,6} + \frac{14,2 \cdot 26500}{100 \cdot 100 \cdot 3,6} = 19 \text{ грн.}$$

$$S_A = \frac{a_{mp} \cdot B_M}{100 \cdot T_{pm} \cdot W_2} + \frac{a_{mp} \cdot B_M}{100 \cdot T_{рм} \cdot W_2}, \quad (7.64)$$

$$S_A = \frac{11,5 \cdot 118640}{100 \cdot 800 \cdot 3,6} + \frac{10 \cdot 26500}{100 \cdot 100 \cdot 3,6} = 14 \text{ грн.}$$

Затрати на паливо-мастильні матеріали:

$$S_{нмм} = g_{га} \cdot Ц_n, \quad (7.65)$$

де $Ц_n$ - номінальна вартість 1 кг палива, $Ц_n = 19,5$ грн;

$$S_{нмм} = 4,87 \cdot 19,5 = 95 \text{ грн}$$

Затрати на основну зарплату обслуговуючого персоналу:

$$S_{зп} = \frac{(K_{HK} \cdot m_T \cdot f_T + m_B \cdot f_B) B_T}{W_{зм}}, \quad (7.66)$$

де $K_{HK} = 1,2$ коефіцієнт надбавок на класність;

f_T - денна ставка тракториста : $f_T = 82$ грн.

$$S_{зп} = \frac{1,0455 \cdot (1,2 \cdot 82)}{25,4} = 4,29 \text{ грн./га.}$$

Підставивши значення в (2.42) отримаємо:

$$S_0 = 82 + 14 + 95 + 4,29 = 195,3 \text{ грн/га}$$

Приведені затрати:

$$S_{\text{ПР}} = S_O + \frac{E_K}{W_2} \cdot \left(\frac{B_T}{T_{PT}} + \frac{B_M}{T_{PM}} \right), \quad (7.67)$$

де E_K - коефіцієнт ефективності капіталовкладень, $E_K = 0,15$.

$$S_{\text{ПР}} = 195,3 + \frac{0,15}{3,6} \cdot \left(\frac{118640}{800} + \frac{800}{100} \right) = 201,7 \text{ грн.}$$

Операційно-технологічна карта, побудована на підставі результатів розрахунків, представлена на листі графічної частини проекту.

Завдання для звіту:

1. Підібрати систему машин для вирощування сільськогосподарської культури за технологією згідно завдання варіанту (Додаток 2).
2. Розрахувати операційну карту згідно варіанту (Додаток 2).
3. Скласти технологічну карту на вирощування сільськогосподарської культури (Додаток 2).

Контрольні питання:

1. Як складається технологічна карта та які аспекти в землеробстві можливо дізнатися з неї?
2. Як складається операційна карта та які аспекти в землеробстві можливо дізнатися з неї?

Рейтингова система балів з дисципліни «Проектування технологічних процесів у рослинництві»

Оцінювання знань студентів здійснюється за рейтинговою системою балів. Для забезпечення конкретної оцінки всіх видів роботи здобувача вищої освіти максимальна кількість залікових балів за кожний модуль приймається 100 балів з наступним перерахунком в загальну оцінку через коефіцієнт вагомості модуля. Оцінка виставляється у відповідності із приведеною шкалою.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
82-89	B	добре	
74-81	C		
64-73	D	задовільно	
60-63	E		
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

Шкала оцінювання

Практична робота №	Кількість балів
1	0-5
2	0-5
3	0-5
4	0-5
5	0-10
6	0-10
7	0-20
Всього	0-60

Додатки

Грунтообробна техніка

Варіант	Назва техніки для обробітку ґрунту	Варіант	Назва техніки для обробітку ґрунту
1	Глибкорозпушувач John Deere 2100	16	Глибкорозпушувач Digger Агроспейс
2	Глибкорозпушувач John Deere 913	17	Дисковий лушчільник напівнавісний Softer PS Агроспейс
3	Чизельний плуг 2410 John Deere	18	Культиватор Aligator Ropa
4	Чизельний плуг 3810 John Deere	19	Культиватор універсальний Horsch Terrano GX Ropa
5	Дисковий глибкорозпушувач 2720 John Deere	20	Культиватор універсальний Horsch Terrano FM Ropa
6	Дисковий глибкорозпушувач 2730 John Deere	21	Horsch Tiger MT Ropa (комбінація важкої дискової борони та глибкорозпушувача.)
7	Прутковий прикочуючий каток 200	22	HORSCH JOKER RT Ropa
8	Польовий культиватор 2230 LL John Deere	23	HORSCH JOKER HD Ropa
9	Польовий культиватор 2230 FH John Deere	24	HORSCH CRUISER XL Ropa
10	Дискова борона 2633 John Deere	25	HORSCH TIGER AS Ropa
11	Дискова борона 2633 VT John Deere	26	Польова борона PRO PE ADLER
12	Дискова борона 2635 John Deere	27	Причіпний каток Galaxy GE ADLER
13	Фінішер для мульчування 2330 John Deere	28	Напівнавісний оборотний плуг AgroAgro ADLER
14	Тандемні дискові борони Challenger серії 1000 Агроспейс	29	Дисковий лушчільник ATLAS AO ADLER
15	Передпосівний комбінатор комрактомат напівнавісний Агроспейс	30	Причіпний повнооборотний плуг Nektor ADLER

**Завдання для технологічної карти на вирощування культури
на півдні України в степовій зоні**

Варіант	Назва культури	Технологія вирощування	Технологічна операція
1	Цибуля	Ресурсозберігаюча	Посів
2	Ярої пшениці	Енергозберігаюча	Лущення стерні
3	Кабачки	Енергозберігаюча	Внесення добрив
4	Томати	Енергозберігаюча	Оранка
5	Картопля	Ресурсозберігаюча	Культивація
6	Бур'як	Енергозберігаюча	Боронування
7	Ярий ячмінь	Енергозберігаюча	Коткування
8	Баклажан	Енергозберігаюча	Внесення добрив
9	Капуста білокачана	Енергозберігаюча	Посів
10	Сорго	Енергозберігаюча	Внесення добрив
11	Яра пшениця	Ресурсозберігаюча	Зрошення
12	Капусти брюсельської	Енергозберігаюча	Коткування
13	Горох	Енергозберігаюча	Посів
14	Квасоля	Ресурсозберігаюча	Зрошення
15	Морква	Енергозберігаюча	Посів
16	Редька	Ресурсозберігаюча	Внесення добрив
17	Кукурудза на зелений корм на зрошення	Енергозберігаюча	Посів
18	Капусти кольрабі	Енергозберігаюча	Коткування
19	Пастернак	Ресурсозберігаюча	Оранка
20	Кукурудза на зелений корм	Енергозберігаюча	Внесення добрив
21	Кукурудзи на зерно на зрошення	Енергозберігаюча	Зрошення
22	Соя	Енергозберігаюча	Посів
23	Капуста	Ресурсозберігаюча	Внесення добрив
24	Картопля	Енергозберігаюча	Посів
25	Кукурудза на зерно	Енергозберігаюча	Зрошення
26	Пшениця	Ресурсозберігаюча	Посів
27	Ячмень	Енергозберігаюча	Внесення добрив
28	Кукурудза	Енергозберігаюча	Зрошення
29	Озима пшениця	Ресурсозберігаюча	Посів
30	Ярий ячмінь	Енергозберігаюча	Внесення добрив

Технологічний проект вирощування (назва культури)

№ п/п	Агрокомплекс технологічних прийомів	Одиниця виміру	Об'єм робіт	Строки проведення	Склад агрегату	Технологія виконання прийому вирощування

Питомий тяговий опір плугів ($k_{пл}$, кН/м²) при швидкості $V_0=5$ км/год в Т залежності від різновиду ґрунтів

Ґрунти	Агрофон	Різновиди ґрунтів				
		глинисті	суглинки			супісок
			важкі	середні	легкі	
Чорноземи	Стерня	68	49	35	25	25
	озима	86	57	45	31	31
	Трави	90	71	52	39	39
	Цілина					
Дерновопідзолісті	Стерня	66	47	34	26	26
	озима	74	56	43	30	30
	Трави	92	71	50	40	40
	Цілина					
Каштанові	Стерня	60	47	36	22	22
	озима	-	-	-	-	-
	Трави	98	68	55	29	29
	Цілина					
Засолені	Стерня	-	82	73	65	65
	озима					

Питомий тяговий опір сільськогосподарських машин (k_0) при швидкості $V_0 = 5$ км/год

Технологічна робота	Сільськогосподарські машини	k_0 , кН/м
Оранка на глибину 25 см: легких ґрунтів середніх ґрунтів важких ґрунтів	Плуги безполицеві	3,0–8,0 12,0–15,0 19,0–25,0
Боронування	Борони зубові: важкі середні легкі або посівні сітчасті та шлейф-борони пружинні та лапчасті голчасті (мотики) Борони дискові: на дискуванні стерні на дискуванні оранки на дискуванні луків	0,4–0,7 0,3–0,6 0,25–0,45 0,45–0,65 1,0–1,8 0,45–0,65 1,6–2,2 3,0–6,0 4,0–6,0
Культивація суцільна	Культиватори: паровий – глибина обробітку 6–8 см паровий – глибина обробітку 10–12 см штанговий – глибина обробітку 10–12 см	1,2–2,6 1,6–3,0 1,6–2,6
Глибоке рихлення	Глибокородпушувачі	8,0–13,0
Обробіток плоскорізами	Плоскорізи	4,0–6,0
Луцнення стерні	Луцильники: дисковий – глибина обробітку 8–10 см лемішний – глибина обробітку 10–14 см лемішний – глибина обробітку 14–18 см	1,2–2,6 2,5–6,0 6,0–10,0
Рядковий посів зернових	Сівалки: дискова з міжряддям 0,15 м вузькорядна	1,1–1,6 1,5–2,5

	зернопресована сівалка -лущильник	1,2–1,8 1,2–2,8
Сівба буряків		0,1–1,0
Сівба кукурудзи		1,0–1,4
Посадка картоплі		2,5–3,5
Коткування	Котки: гладкі водоналивні кільцево-шпорові	0,55–1,2 0,6–1,0
Обробіток міжряддя цукрових буряків: з підкормкою з окучуванням	Культиватори із стрілчастими лапами: проріджувач підживлювач окучник	1,2–1,8 1,2–2,0 1,4–1,8 1,5–2,5
Збирання трав і зернових (соломи)	Косарки брусові Косарки-подрібнювачі Жатки валкові Граблі: поперечні колісно-пальцеві	0,7–1,1 0,8–1,3 1,2–1,5 0,50–0,75 0,7–0,9
Збирання технічних культур	Комбайни: Силосозбиральні Кукурудзозбиральні Бурякозбиральні Картоплезбиральні Льонозбиральні Бурякокопачі Картоплекопачі Гичкозбиральні	1,2–1,6 1,5–1,7 8,0–12,0 10,0–12,0 4,0–6,0 3,0–4,0 5,8–6,5 2,0–3,5
Снігозатримання	Валкувачі	1,0–1,5

Операційна карта на збирання картоплі

Агротехнічні вимоги	Підготовка агрегата																																																																																						
<p>1. Збирати картоплю слід при повному дозріванні бульб у термін 15 - 20 днів.</p> <p>2. Кількість невиконаних бульб не повинна перевищувати 1% (бульби масою 20 грамів при цьому не враховуються).</p> <p>3. Вологість ґрунту не повинна перевищувати 27%.</p> <p>4. Пошкодження бульб не повинно перевищувати 10%.</p> <p>5. Чистота бульб - не менше 80%.</p> <p>6. Твердість ґрунту - не більше 1,4 МПа.</p> <p>7. Допустима швидкість роботи - до 6 км/год.</p>	<p>1. Провести ТО комбайна.</p> <p>2. Заправити агрегат ПММ.</p> <p>3. Відрегулювати глибину ходу підкопуючих лемешів.</p> <p>4. Встановити необхідну амплітуду активного леміша.</p> <p>5. Встановити необхідний кут нахилу гірок.</p> <p>6. Перевірити натяг елеваторних полотен.</p> <p>7. Замінити всі ушкоджені прутки елеватора.</p> <p>8. Запуск, обкатка і перевірка працездатності комбайна.</p>																																																																																						
Схема агрегату	Підготовка поля																																																																																						
	<p>1. Перед початком робіт поле оглядають, переешкоди і зайві предмети прибирають, велике каміння або переешкоди відмічають позначками.</p> <p>2. За 10... 15 днів до початку збирання картоплі автогрейдером необхідно вирівняти польові дороги.</p> <p>3. Розбивають поле на загоны. Спосіб руху двохзагинний.</p> <p>4. Збирають картоплю з поворотних смуг.</p>																																																																																						
Схема руху агрегату	Графік робочої зміни																																																																																						
<p>$B=400\text{м}$</p> 	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Елементи робочого часу</th> <th colspan="2">$T_{зм}$</th> <th colspan="7">Зміна</th> </tr> <tr> <th>час</th> <th>%</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ТО до початку роботи</td> <td>0,2</td> <td>2,8</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Повороти і переїзди</td> <td>0,2</td> <td>2,8</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Чиста робота</td> <td>5,8</td> <td>83,1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Обслуговування в загоні</td> <td>0,5</td> <td>7,1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Відпочинок механізаторів</td> <td>0,2</td> <td>2,8</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Інші затрати часу</td> <td>0,1</td> <td>1,4</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Елементи робочого часу	$T_{зм}$		Зміна							час	%	1	2	3	4	5	6	7	ТО до початку роботи	0,2	2,8									Повороти і переїзди	0,2	2,8									Чиста робота	5,8	83,1									Обслуговування в загоні	0,5	7,1									Відпочинок механізаторів	0,2	2,8									Інші затрати часу	0,1	1,4								
Елементи робочого часу	$T_{зм}$			Зміна																																																																																			
	час	%	1	2	3	4	5	6	7																																																																														
ТО до початку роботи	0,2	2,8																																																																																					
Повороти і переїзди	0,2	2,8																																																																																					
Чиста робота	5,8	83,1																																																																																					
Обслуговування в загоні	0,5	7,1																																																																																					
Відпочинок механізаторів	0,2	2,8																																																																																					
Інші затрати часу	0,1	1,4																																																																																					
Контроль та оцінка якості	Заходи безпеки																																																																																						
<p>Якість збирання визначається у відсотках від загальної проби, взятої з ділянки розміром 3.6x1.4 м в трьохкратному повторенні:</p> <p>1) втрати бульб: до 3% - 3 бали; від 4% до 6% - 2 бали; більше 6% - 1 бал;</p> <p>2) пошкодження бульб: до 3% - 4 бали від 4% до 5% - 3 бали; від 6% до 10% - 0 балів;</p> <p>3) різані бульби: до 1% - 3 бали; від 1% до 2% - 2 бали; більше 2% - 0 балів.</p>	<p>1. До роботи на комбайні допускаються особи, які мають посвідчення на керування та пройшли інструктаж.</p> <p>2. Рухомі та обертові частини агрегату повини бути огорожені захисними кожухами.</p> <p>3. Технічний стан агрегата повинен відповідати вимогам безпеки; робочі органи відрегульовані.</p> <p>4. Поле для роботи агрегата повинно бути завчасно підготовлено. Працювати на непідготовленому полі забороняється.</p> <p>5. З'єднання машини, що агрегується з трактором, повинно бути надійним.</p>																																																																																						
Техніко-економічні показники																																																																																							
$W_{год}$ га/год	$W_{зм}$ га/з м	S_0 грн/г а	Z_m люд год/га	$T_{зм}$ год	τ	q кг/га																																																																																	
0,8	5,4	28,6	2,4	7	0,82	9,96																																																																																	

ЛІТЕРАТУРА

1. Основи проектування технологічних процесів / В.Д.Гречкосій, Р.В.Шатров, В.І.Василюк, Л.О.Шейко // Ніжин: МІЛАНІК, 2009. – 111 с.
2. Мельник І.І. Проектування технологічних процесів у рослинництві / І.І.Мельник, В.Д.Гречкосій, С.М.Бондар // Ніжин: Аспект – Поліграф, 2005. – 192 с.
3. Проектування технологічних процесів у рослинництві Методичні вказівки і завдання для виконання лабораторно-практичних робіт / В.Д.Гречкосій, В.Г.Опалко, С.М.Бондар та ін.. за ред.. І.І.Мельника // К.: Видав. центр НАУ, 2007. – 106 с.
4. Кленін Н.І. Сільськогосподарські і меліоративні машини: підручник для ВНЗ / Н.І. Кленін. – М.: Колос, 2008. – 293 с.
5. Халанський В.М. Сільськогосподарські машини: підручник / В.М. Халанський, І.В. Горбачов. – М.: Колос, 2003. – 624 с.
6. Завора В.А. Основи технології та розрахунку мобільних процесів рослинництва: навчальний посібник / В.А. Завора. В.І. Толокольніков, С.Н. Васильєв. Барнаул: Изд-во Агау, 2008. – 263 с.
7. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва: підр. у 2 т: Т 2. /за ред. А.В.Рудя // К.: Агроосвіта, 2012. – 434 с.
8. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини / Д.Г. Войтюк, Г.Р. Гаврилук. – К.: Каравела, 2004.
9. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські та меліоративні машини / За ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2004.
10. Основи проектування технологічних процесів: Навчальний посібник / [Гречкосій В.Д., Шатров Р.В., Василюк В.І., Шейко Л.О.]. – Ніжин: «МІЛАНІК», 2009. – 111 с.
11. Погорілий С.О. Технологія вирощування картоплі в Лісостепу України: Монографія / С.О.Погорілий, М.Я.Молоцький – Біла Церква: БДАУ, 2007. – 164 с.
12. AGRICULTURAL MACHINERY 2019 : PROCEEDINGS / VII INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONGRESS 26 – 29 JUNE 2019 VOLUME 2/6 Scientific-Technical Union of Mechanical Engineering INDUSTRY 4.0 USES OF MACHINES INNOVATIVE TECHNOLOGIES. CONSERVING SOILS AND WATER. – BURGAS, BULGARIA – 2019. – 103 p.
13. Погорілий С.О. Технологія вирощування картоплі в Лісостепу України: Монографія / С.О.Погорілий, М.Я.Молоцький – Біла Церква: БДАУ, 2007. – 164 с.

14. Саблук П.Т. Технологічні карти та витрати на вирощування сільськогосподарських культур / За ред. П.Т.Саблука, Д.І. Мазоренка, Г.Є.Мазнева. – К.: ННЦ ІАЕ, 2005. – 402 с.
15. Пастухов В.І. Обґрунтування оптимальних комплексів машин для механізації польових робіт: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора техн. наук : спец. 05.05.11. «Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва» / В.І.Пастухов. – Харків: 2004. – 38 с.
16. Танчик С.П. No Till і не тільки. Сучасні системи землеробства / С.П. Танчик. – К.: Юні вест Медія, 2009. – 160 с.
17. Гречкосій В.Д. Комплексна механізація виробництва зерна: Навчальний посібник / [Гречкосій В.Д., Дмитришак М.Я., Шатров Р.В. та ін.] // за ред. В.Д. Гречкосія, М.Я. Дмитришака. К.: Нілан – ЛТД. – 288с.
18. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: підручник / Д. Г. Войтюк, Л. В. Аніскевич, В. М. Барановський та ін; за ред.Д.Г.Войтюка. 2 – е вид, перероб. та доп. – К:НУБіП України. – 2018. – 736 с.
19. Адамчук В.В. Теорія вібраційних викопувальних органів бурякозбиральних машин / [В.В. Адамчук, В.М. Булаков, І.В. Головач та ін.] – Київ: Аграрна наука. – 2015. – 320с.
20. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини: навч. посіб. / [Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, М.С. Волянський, В.М. Мартишко, Ю.О. Гуменюк]. – Київ: Агроосвіта. – 2017. – 180с.
21. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини: підручник / Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, В.В. Іщенко; за ред. Д.Г.Войтюка. – Київ: Агроосвіта – 2015. – 679с.
22. Гавриш В.І. Проектування технологічних процесів у рослинництві [Електронний ресурс] : методичні рекомендації до виконання курсової роботи здобувачами вищої освіти ступеня “Магістр” спеціальності 208 “Агроінженерія” денної та заочної форми навчання / В.І. Гавриш, А.П. Галєєва, В.А. Грубань. — Електрон. текст. дані. – Миколаїв : МНАУ, 2019. – 53 с.
23. Гавриш В.І. Машиновикористання у рослинництві [Електронний ресурс] : методичні рекомендації до виконання практичних робіт для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня “Магістр” спеціальності 208 “Агроінженерія” та 015 «Професійна освіта (Технологія виробництва і переробка продуктів сільського господарства)» денної та заочної форми навчання / В.І. Гавриш,

А.П. Галєєва, В.А. Грубань. — Електрон. текст. дані. — Миколаїв : МНАУ, 2020. — 53 с.

24. Бондаренко О.В. Машиновикористання у рослинництві [Електронний ресурс] : методичні рекомендації для виконання практичних робіт студентами денної та заочної форми навчання спеціальності 7.09010101 «Агрономія» / О.В. Бондаренко, А.П. Галєєва, О.І. Ракул. — Електрон. текст. дані. — Миколаїв : МНАУ, 2014. — 139 с.

Навчальне видання

**ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У
РОСЛИННИЦТВІ**

Методичні рекомендації

Укладачі: **Галєєва** Антоніна Петрівна
Зубєхіна-Хайят Олександра Валеріївна

Формат 60x84 1/16. Ум. друк. арк. 1,5.

Тираж 20 прим. Зам. № ____

Надруковано у видавничому відділі
Миколаївського національного аграрного університету
54020, м. Миколаїв, вул. Гонгадзе, 9

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4490 від 20.02.2013 р.