

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

До захисту
Допускається
Завідувач кафедри

Шуляк М.Л.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за бакалаврським рівнем вищої освіти

На тему: «Обґрунтування складу машинного агрегату для підготовки ґрунту під посів кукурудзи на зерно в умовах ФГ «Антарикс» Роменського району Сумської області»

Виконав:

(підпис)

Колодка М.М.

(Прізвище, ініціали)

Група:

ЗМЕХ 2001

(Науковий) керівник:

(підпис)

Соколік С.П.

(Прізвище, ініціали)

Суми – 2025

АНОТАЦІЯ

Колодка М.М.

Обґрунтування складу машинного агрегату для підготовки ґрунту під посів кукурудзи на зерно в умовах ФГ «Антарікс» Роменського району Сумської області

ОПШ Агроінженерія

Спеціальність 208 Агроінженерія

Сумський національний аграрний університет

М. Суми, 2025р.

Пояснювальна записка містить в собі 43 аркуші, 14 – таблиць, 22 – використаних джерел літератури, і 5 – графічних аркушів.

В кваліфікаційній роботі наведена характеристика господарства: ґрунтово-кліматичні умови, структура вирощувальних культур, використання техніки.

При вирощуванні озимої пшениці по інтенсивній технології розроблений комплекс заходів по передпосівному обробітку ґрунту, визначений кількісний і якісний склад технічних засобів при вирощуванні культури.

Розрахований економічний аналіз ефективної технології.

Ключові слова: кукурудза на зерно, машиновикористання, агрегат, умови праці, машинотракторний парк, використання техніки, технологія.

ANNOTATION

Kolodka M.M.

Justification of the composition of the machine unit for preparing the soil for sowing corn for grain in the conditions of the "Antarix" farm in the Romensky district of the Sumy region

EP Agroengineering

Specialty 208 Agroengineering

Sumy National Agrarian University

Sumy, 2025

The explanatory note contains 43 sheets, 14 - tables, 22 - used sources of literature, and 5 - graphic sheets.

The qualification work provides a characteristic of the farm: soil and climatic conditions, the structure of cultivated crops, the use of equipment.

When growing winter wheat using intensive technology, a set of measures for pre-sowing soil cultivation has been developed, the quantitative and qualitative composition of technical means for growing the crop has been determined.

An economic analysis of effective technology has been calculated.

Keywords: corn for grain, machine use, unit, working conditions, machine and tractor fleet, use of equipment, technology.

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1 Аналіз господарської діяльності підприємства.....	8
1.1 Розташування та напрямки.....	8
1.2 Землекористування та структура посівних площ.....	8
1.3 Склад і використання МТП господарства.....	10
2 Технічне забезпечення механізованих технологічних процесів.....	12
2.1 Особливості вирощування озимої пшениці і технічне її забезпечення	12
2.2 Обґрунтування технічних засобів для виконання технологічного процесу "дискування".....	15
2.3 Організація виконання технологічного процесу "дискування"	24
3 Конструкторська розробка.....	35
3.1 Конструкція та принцип роботи.....	35
3.2 Розрахунок міцності	36
4 Економічна оцінка проекту.....	38
Висновки.....	40
Список використаних джерел.....	41

ВСТУП

Якісний передпосівний обробіток ґрунту є ключовим етапом у технології вирощування кукурудзи на зерно, адже саме він створює сприятливі умови для рівномірного проростання насіння, формування потужної кореневої системи та подальшого інтенсивного розвитку рослин. Правильно підготовлений ґрунт забезпечує оптимальну структуру посівного ложа, збереження і рівномірний розподіл вологи, покращує аерацію та сприяє ефективному проникненню коренів. Крім того, передпосівний обробіток сприяє знищенню бур'янів, шкідників і збудників хвороб, що зменшує конкуренцію за вологу та поживні речовини, а також знижує ризики пошкодження сходів у ранній період вегетації.

У сучасних умовах ведення сільського господарства, які характеризуються кліматичними змінами, деградацією ґрунтів та необхідністю оптимізації ресурсів, передпосівний обробіток набуває ще більшої актуальності. Використання сучасних технологій, знарядь та агротехнічних прийомів дозволяє не лише покращити фізичний стан ґрунту, а й забезпечити енергоефективність та економічну доцільність усього виробничого процесу. Саме тому якісний передпосівний обробіток є фундаментом для досягнення високих врожаїв кукурудзи, стабільного зернового виробництва та загальної ефективності аграрного підприємства.

1 АНАЛІЗ ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА

1.1 Розташування та напрямок

Сільськогосподарське підприємство «Антарикс» здійснює діяльність, пов'язану з вирощуванням рослинницької продукції, використовуючи переважно орендовані земельні ділянки в межах Роменського району. Основний напрям роботи господарства — вирощування та збут зернових культур. Природні умови регіону — зокрема ґрунтово-кліматичні характеристики — є сприятливими для такого типу аграрного виробництва, що забезпечує стабільно високі врожаї. Клімат тут помірний: влітку відсутні тривалі посухи, а взимку великі морози трапляються рідко. Середня кількість атмосферних опадів, що надходять протягом року у вигляді снігу та дощу, становить приблизно 520–630 мм. Землі відзначаються високою родючістю — основу ґрунтового покриву складають чорноземи з вмістом гумусу близько 6,6%.

1.2 Землекористування та структура посівних площ

Земельні фонди в агрофірмі використовуються досить інтенсивно. Як свідчення цьому - високі врожаї за минулі періоди. Показники розподілу земельних ресурсів ФГ «Антарикс» наведено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1.

Структура земельних площ

Найменування та вид використання	Площа, га
Загальна площа	1602
Сільськогосподарські угіддя, в тому числі	1602
Рілля	1556
Ставки і водоймища	10
Площа лісу	36

У таблиці 1.2 подано інформацію щодо динаміки врожайності та площ, зайнятих під основні сільськогосподарські культури у 2022–2024 роках. З наведених даних випливає, що в агрофірмі «Антарикс» найбільша частка орних земель використовується для вирощування пшениці, кукурудзи та соняшнику.

Таблиця 1.2.

Структура посівних площ і врожайність основних с – г культур.

Культури	2022 рік		2023 рік		2024 рік	
	Площа, га	Урожайність, ц /га	Площа, га	Урожайність, ц /га	Площа, га	Урожайність, ц /га
Пшениця озима	120	43,0	230	42,1	300	40,0
Овес	50	46,4	35	38,1	40	36,9
Кукурудза на зерно	500	44,7	500	82,7	540	47,9
Соняшник	400	19,0	390	18,4	420	19,2
Соя	200	25,0	290	24,0	256	25,6

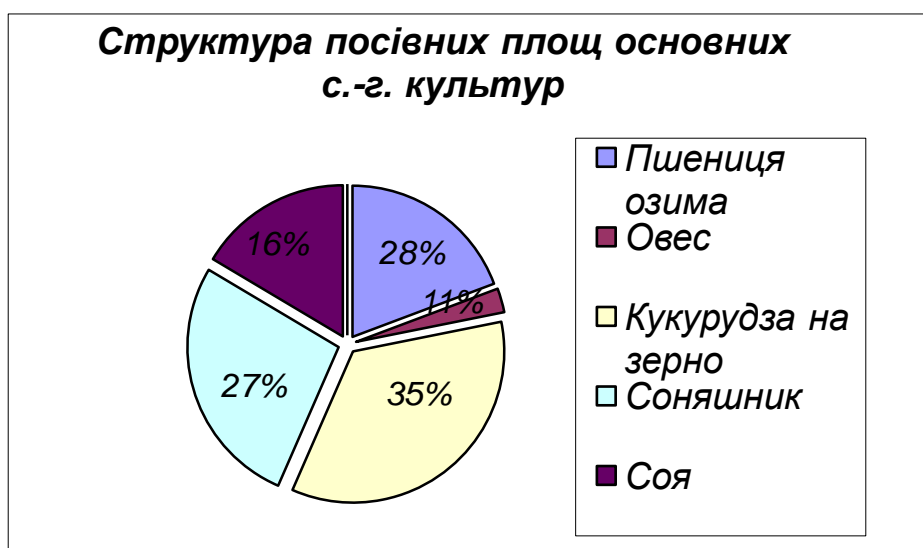


Рис. 1 Структура посівних площ

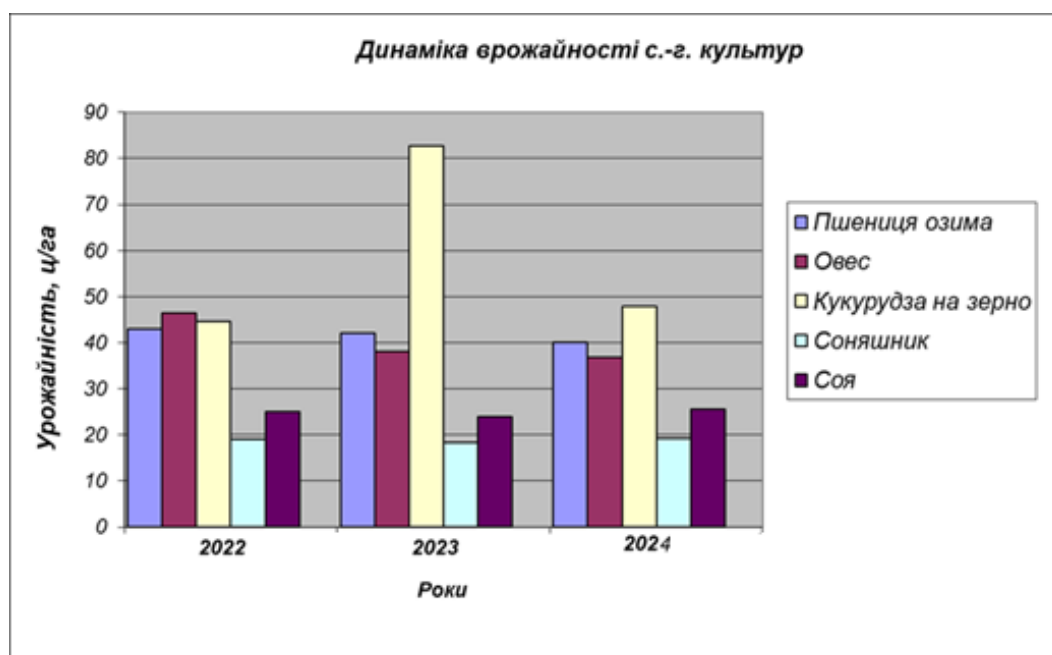


Рис. 2. Динаміка площ під агрокультурами та їх врожайність

1.3 Склад і використання МТП господарства

Склад тракторного парку приведено в табл. 1.4, агромашин в табл. 1.5.

Таблиця 1.4

Наявність сільськогосподарських машин

Назва	Марка	Кількість
Зернозбиральні комбайни	John Deere 1188	1
Плуги	ПЛН – 3 – 35	2
	ПЛН – 4 – 35	2
	ПО-5	2
Культиватори/борони	КПС – 8	2
	КПС – 4	2
	УСМК – 5,4	1
	БДС-3,5	2
	Паллада 3200	3
	КРН - 4,2	1
Розкидачі добрив	МВУ-0,5	1
	МВУ-5	1
	ПРПВ-5,5	1
	РОУ – 6	1
	ПРТ – 10	2
Підживлювачі – оприскувачі	ОПВ – 2000	1
Сівалки	Astra – 3,6	2
	Astra – 6	4
	Vesta – 8	3
	УПС – 6	2
Причепи тракторні	2ПТС – 4,45	2
	ПТС – 9	2
	ПТС - 4	3

Таблиця 1.4.

Склад тракторного парку

Марка тракторів	Кількість, шт.
ХТЗ-17221	3
МТЗ – 1221	3
МТЗ – 1025	2
John Deere 6135	2
Всього	10

Фермерське підприємство «Антарикс» має середній рівень забезпечення технікою, необхідною для обробки наявних земельних угідь. Такий показник дає змогу формувати машинно-тракторні агрегати для виконання всього комплексу технологічних процесів.

2 ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МЕХАНІЗОВАНИХ ТЕХНІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

2.1 Особливості вирощування кукурудзи на зерно і технічне її забезпечення

Кукурудза — це цінна зернова культура, яка характеризується високим рівнем урожайності, універсальністю використання та адаптивністю до різних кліматичних умов. Її зерно використовується як корм для тварин, сировина для харчової та переробної промисловості, а також для виробництва біопалива.

Особливості вирощування кукурудзи на зерно значною мірою залежать від кліматичних і ґрунтових умов регіону, де її культивують. В Україні кукурудза найкраще почувається в лісостеповій і степовій зонах, де достатньо тепла й сонячного світла. Ця культура є теплолюбною, тому оптимальна температура для її проростання — $+10\dots+12^{\circ}\text{C}$, а для росту й розвитку — $+20\dots+25^{\circ}\text{C}$. Надмірне зниження температури навесні або в осінній період може негативно вплинути на врожай.

Сівба кукурудзи проводиться зазвичай у другій половині квітня — на початку травня, коли ґрунт прогрівається на глибину 10 см. Вибір гібриду є важливим етапом, адже сучасні високопродуктивні гібриди здатні забезпечити стабільні врожаї навіть за умов дефіциту вологи. Перевага надається середньостиглим або середньопізним гібридам, які мають високий потенціал урожайності.

Обробіток ґрунту під кукурудзу має бути спрямований на накопичення і збереження вологи, знищення бур'янів та створення сприятливих умов для розвитку кореневої системи. Основний обробіток зазвичай проводиться з осені, включаючи оранку або глибоке розпушування. Навесні здійснюється передпосівна культивуація.

Живлення кукурудзи має вирішальне значення. Вона вибаглива до азоту, фосфору та калію. Для отримання високого врожаю вносяться мінеральні добрива залежно від рівня забезпеченості ґрунтів. Зокрема, азот вноситься в

декілька етапів: частина — перед сівбою, інша — під час вегетації. Позакореневе підживлення також широко використовується.

Особливу увагу слід приділяти захисту посівів кукурудзи від бур'янів, шкідників і хвороб. Бур'яни значно знижують врожайність на початкових етапах розвитку культури, тому використовують гербіциди ґрунтової або післясходової дії. Проти шкідників, таких як кукурудзяний метелик, дротяники чи попелиця, застосовуються інсектициди, а також агротехнічні заходи, як-от сівозміна та своєчасне збирання врожаю.

Збирання зерна кукурудзи починається тоді, коли вологість зерна знижується до 22–25%. Це дає змогу мінімізувати втрати під час збирання і зменшити витрати на досушування. Сучасні зернозбиральні комбайни дозволяють ефективно зібрати урожай і забезпечити високу якість зерна.

Таким чином, вирощування кукурудзи на зерно — це комплексний процес, що потребує врахування багатьох факторів: вибору гібридів, дотримання технології обробітку ґрунту, оптимального режиму живлення і захисту рослин. Висока технологічність цього процесу дозволяє отримати стабільні врожаї та забезпечити конкурентоспроможність продукції як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках.

Технічне забезпечення обробітку ґрунту для кукурудзи на зерно є важливою складовою агротехнологічного процесу, що впливає на майбутній урожай, енерговитрати та якість продукції. В умовах сучасного сільського господарства вибір технічних засобів для основного, передпосівного обробітку ґрунту, а також догляду за посівами кукурудзи, визначається цілим рядом факторів: типом ґрунту, рівнем зволоження, ступенем забур'яненості, наявністю пожнивних решток, особливостями попередника, економічними можливостями господарства тощо.

Одним із традиційних способів є оранка, яка виконується плугами з передплужниками на глибину 25–30 см. Такий підхід дає змогу якісно загортати пожнивні рештки, бур'яни, збудників хвороб, а також створює сприятливі умови для аерації та нагромадження вологи. Плуги, як правило, агрегуються з тракторами класу 1.4–3.0, залежно від ширини захвату. Водночас, усе частіше

господарства переходять на мінімальний обробіток ґрунту — чизелювання, дискування або поверхневу культивуацію. Для цього використовують чизельні плуги, важкі дискові борони, культиватори вертикального обробітку. Зокрема, чизельні агрегати дозволяють обробляти ґрунт без обороту пласта, зберігаючи структуру ґрунту і зменшуючи втрати вологи.

Передпосівна підготовка передбачає використання комбінованих агрегатів, які за один прохід здійснюють вирівнювання, розпушування, боронування та ущільнення. Це дозволяє зменшити ущільнення ґрунту від надмірної кількості проходів техніки, що особливо важливо для кукурудзи, оскільки вона чутлива до ущільнення в посівному шарі. Універсальні агрегати типу «Компактор», «КПШ», «Kverneland», «Horsch» широко використовуються для передпосівного обробітку з високою якістю підготовки насінневого ложа.

Висів кукурудзи виконується з допомогою точних сівалок, які дозволяють витримувати норму висіву, глибину заробки та міжряддя. Найпоширеніші моделі – «John Deere», «Monosem», «Gaspardo», «Väderstad Tempo» та інші. Якість висіву безпосередньо впливає на рівномірність сходів та подальшу врожайність. Точне дотримання глибини висіву, зокрема 4–6 см залежно від вологості, можливе завдяки системам автоматичного контролю тиску секцій, вакуумним дозаторам та датчикам контролю.

Після висіву важливим є застосування техніки для догляду за посівами. На ранніх етапах розвитку рослин доцільне міжрядне розпушування, особливо у варіантах із традиційним обробітком. Використовують культиватори міжрядні, оснащені системами автоматичного ведення по рядках, що дозволяє працювати з точністю без пошкодження рослин. У господарствах, які застосовують No-Till або Strip-Till технології, робота по догляду за посівами здійснюється переважно хімічними методами, що також вимагає спеціалізованої техніки – оприскувачів, обладнаних GPS-навігацією, секційним відключенням та комп'ютерними системами керування.

Загалом, ефективне технічне забезпечення обробітку ґрунту для кукурудзи передбачає інтегроване використання сучасних енергоощадних машин,

врахування кліматичних умов і особливостей поля, а також адаптацію до технологічної системи господарства.

2.2. Обґрунтування технічних засобів для виконання технологічного процесу "дискування"

Задача вибору раціонального складу МТА є багатоваріантною. Із числа можливих варіантів складу МТА потрібно сформувати вихідну множину альтернативних варіантів, які, в свою чергу, оцінюються відповідною множиною критеріїв.

При обґрунтуванні множини критеріїв важливо уникати наявності в одному наборі величин із тісними функціональними чи кореляційними зв'язками, тобто – взаємозалежних критеріїв.

Багатокритеріальну оцінку варіантів доцільно здійснювати по методу Парето. Суть методу полягає у виявленні варіантів, які домінують над іншими за прийнятими критеріями.

Вибрати кращий склад агрегату із декількох запропонованих варіантів (не менше трьох), які придатні для виконання технологічної операції в роботі, за такими критеріями: продуктивність W , питомі витрати палива на заданих умовах одиницю обсягу роботи g_{ca} , затрати сукупної енергії E_{Σ} і собівартість години роботи технічного засобу $C_{mз}$.

Для цього, запропоновані варіанти технічних засобів і їх параметри, які вибираємо із довідкової літератури [2,3], заносимо в табл. 2.1.

Таблиця 1.1. Технічні характеристики агрегатів.

(№ варіанту)	Потужність двигуна $N_{ен}$, кВт	Маса технічного засобу, кг			Продуктивність за годину основного часу W_o , га/год	Питомі витрати палива $g_{ен}$, г/кВт год
		Трактора	с - г машини	самохідного агрегату		
1. МТЗ-1221+БДС-3,5	90,4	4480	1600		4,43	226
2. МТЗ-1221+Паллада	90,4	4480	1700		3,8	226

Продуктивність технічного засобу, га/год:

$$W_{г.зм} = W_o \cdot \tau_{зм}; \quad (1.1)$$

$$W_{г.зм1} = 4,43 \cdot 0,81 = 3,5883;$$

$$W_{г.зм2} = 3,8 \cdot 0,81 = 3,078;$$

де: W_o – продуктивність за годину основного часу, га/год (табл. 1.1);

$\tau_{зм}$ – коефіцієнт використання часу зміни [3, табл. 5.2], $\tau_{зм} = 0,81$

Витрати палива на один гектар при номінальному завантаженні двигуна технічного засобу, кг/га:

$$g_{za} = \frac{10^{-3} N_{en} \cdot g_{en}}{W_{z.z.m}}; \quad (1.2)$$

$$g_{za1} = 0,0904 \cdot 226/3,5883 = 5,69;$$

$$g_{za2} = 0,0904 \cdot 226/3,078 = 6,64;$$

де: N_{en} – номінальна ефективна потужність двигуна, кВт (табл. 1.1);

g_{en} – питомі витрати палива двигуна, г/кВт·год (табл. 1.1).

Затрати сукупної непоновлюваної енергії, МДж/га:

$$E_{en} = \alpha_n g_{za} + \sum \alpha_{mi} g_{mi} + \frac{\alpha_{mp} M_{mp} + \sum^n \alpha_{np} M_{np} + \sum^k \alpha_p M_p + \sum^j \alpha_i N_i}{W_{z.z.m}} \quad (1.3)$$

де: a_n – енергетичні еквіваленти витраченого палива, МДж/кг; [3, табл. 6.9];

$$a_{n1} = 52,8$$

$$a_{n2} = 52,8$$

g_{za} – витрати палива на одиницю роботи, кг/га (результати розрахунків формули 1.2);

α_{mi} – енергетичні еквіваленти технологічних матеріалів, МДж/одиницю виміру. [3, табл. 6.9];

$$\alpha_{mi1} = 0,000$$

$$\alpha_{mi2} = 0,000$$

g_{mi} – витрати технологічних матеріалів, кг/одиницю роботи (із завдання по конкретній операції);

$$g_{mi1} = 0,000$$

$$g_{mi2} = 0,000$$

a_{mp} , a_{pm} – енергетичні еквіваленти години роботи трактора, причепів, зчіпки, робочих машин, МДж/кг × год;

$$a_{mp1} = 0,0243$$

$$a_{mp2} = 0,0243$$

$$a_{pm1} = 0,080$$

$$a_{pm2} = 0,080$$

M_{mp} , M_p – маса трактора, причепів, зчіпки, робочих машин, кг; (табл.1.1);

$$M_{mp1} = 4480$$

$$M_{mp2} = 4480$$

$$M_{p1} = 1600 \quad M_{p2} = 1700$$

a_i – енергетичний еквівалент години праці персоналу, МДж/людгод; [3, табл. 6.8];

$$a_i = 60,8 \quad \text{тракториста,}$$

$$a_i = 0,0 \quad \text{підсобного працівника.}$$

N_i – кількість працюючих i -тої категорії, люд. (згідно з умовами використання МТА).

$$N_i = 1$$

$$E_{m1} = (52,8*5,69+0*0)+((0,0243*4480+0,08*1600+(60,8+0*1))/3,58) = 383,58;$$

$$E_{m2} = (52,8*6,64+0*0)+((0,0243*4480+0,08*1700+(60,8+0*1))/3,07) = 449,77;$$

Собівартість години роботи технічного засобу, грн./год:

$$C_{mз} = A + K + Z_{\bar{a}} + \Pi + C_m + Z_n + B_n + B_m + B_{mo}; \quad (1.4)$$

де: A – амортизаційні відрахування, грн./год;

K – витрати на погашення кредиту, грн./год;

$Z_{\bar{a}}$ – витрати на зберігання технічних засобів, грн./год;

Π – податок на технічні енергетичні засоби, грн./год;

C_m – страхові внески, грн./год;

Z_n – витрати на оплату праці персоналу, грн./год;

B_n – вартість паливно-мастильних матеріалів, грн./год;

B_m – вартість технологічних матеріалів, грн./год;

B_{mo} – вартість технічного обслуговування, грн./год.

Амортизаційні відрахування, грн./год

(визначаються окремо для трактора і для робочої машини)

$$A = \frac{(C_n - C_k)}{T_p \cdot T_s} \quad (1.5)$$

де: C_n – вартість нового технічного засобу, грн. [3, табл. 6.7];

Таблиця 2.2. Вартість нових тракторів та сільськогосподарських машин.

Марка трактору	МТЗ-1221	МТЗ-1221
Вартість, грн.	1500000	1500000
Марка с-г машини	БДС-3,5	Паллада 3200
Вартість, грн.	200000	300000

$Ц_k$ – вартість технічного засобу в кінці експлуатації, грн.

$$Ц_k = Ц_{мб} \cdot M_{мз}; \quad (1.6)$$

$$Ц_{км1} = 6 \cdot 4480 = 26880;$$

$$Ц_{км2} = 6 \cdot 4480 = 26880;$$

$$Ц_{кc-21} = 6 \cdot 1600 = 9600;$$

$$Ц_{кc-22} = 6 \cdot 1700 = 10200;$$

де: $Ц_{мб}$ – вартість металобрухту, $Ц_{мб} = 6,0$

$M_{мз}$ – маса технічного засобу, кг (табл. 1.1),

T_p – строк служби трактору, роки;

$$T_{p1} = 10 \quad T_{p2} = 10$$

$T_{c.2.m}$ – строк служби с.г. машини, роки;

$$T_{c.2.m1} = 10 \quad T_{c.2.m2} = 10$$

T_z – нормативне завантаження технічного засобу на протязі року, год.
[3 табл. 6.7],

$$T_{z.mp1} = 1600 \quad T_{z.mp2} = 1600$$

$$T_{z.c2m1} = 200 \quad T_{z.c2m2} = 200$$

$$A_{mp1} = (1500000 - 26880) / (10 \cdot 1600) = 92,07;$$

$$A_{mp2} = (1500000 - 26880) / (10 \cdot 1600) = 92,07;$$

$$A_{c2m1} = (200000 - 9600) / (10 \cdot 200) = 95,2;$$

$$A_{c2m2} = (300000 - 10200) / (10 \cdot 200) = 144,9;$$

$$A_{azp1} = 92,07 + 95,2 = 187,3;$$

$$A_{azp2} = 92,07 + 144,9 = 237;$$

Витрати на погашення кредиту, грн./год.

(визначаються окремо для трактора і робочої машини)

$$K = \frac{(Ц_n - Ц_k)k}{2T_p \cdot T_z} \quad (1.7)$$

де: k – доля відрахувань на погашення кредиту ($k = 0,27...0,30$); $\kappa = 0,28$

$$K_{mp1} = ((1500000-26880)*0,28)/(2*10*1600)=12,89;$$

$$K_{mp2} = ((1500000-26880)*0,28)/(2*10*1600)=12,89;$$

$$K_{сзм1} = ((200000-9600)*0,28)/(2*10*200)=13,328;$$

$$K_{сзм2} = ((300000-10200)*0,28)/(2*10*200)=20,286;$$

$$K_1 = 12,89+13,328=26,22;$$

$$K_2 = 12,89+20,286=33,18;$$

Витрати на зберігання технічних засобів, грн./год.

(визначаються окремо для трактора і робочої машини)

$$z_{\bar{o}} = \frac{(\Pi_n - \Pi_k) a}{T_p \cdot T_3} \quad (1.8)$$

де: a – доля вартості технічних засобів, яка витрачається на організацію зберігання ($a = 0,01$).

$$z_{\bar{o}mp1} = ((1500000-26880)*0,01)/(10*1600)=0,921;$$

$$z_{\bar{o}mp2} = ((1500000-26880)*0,01)/(10*1600)=0,921;$$

$$z_{\bar{o}сзм1} = ((200000-9600)*0,01)/(10*200)=0,952;$$

$$z_{\bar{o}сзм2} = ((300000-10200)*0,01)/(10*200)=1,449;$$

$$z_{\bar{o}1} = 0,921+0,952=1,873;$$

$$z_{\bar{o}2} = 0,921+1,449=2,37;$$

Податок на технічні засоби, грн./год.:

$$\Pi = \frac{\Pi_p}{T_3} \quad (1.9)$$

де: Π_p – річний податок, грн.

(трактори класу 5т – 520; 3т - 400 грн.; 1,4т – 240 грн.;)

$$\Pi_{pm1} = 400 \quad \Pi_{pm2} = 400$$

$$\Pi_{pcz1} = 0 \quad \Pi_{pcz2} = 0$$

$$\Pi_{mp1} = 400/1600=0,25;$$

$$\Pi_{mp2} = 400/1600=0,25;$$

$$P_{c2m1} = 0/200=0;$$

$$P_{c2m2} = 0/200=0;$$

$$P_1 = 0,25+0=0,25;$$

$$P_2 = 0,25+0=0,25;$$

Витрати на оплату праці персоналу, грн./год.:

$$Z_n = \sum_i^N C_{zi} \quad (1.10)$$

де: C_{zi} – годинна тарифна ставка механізаторів і обслуговуючого персоналу.

Ставка механізатора:	Ставка обслуговуючого персоналу:
1. МТЗ-1221+БДС-3,5 81,53	1. МТЗ-1221+БДС-3,5 0
2. МТЗ-1221+Паллада 32(81,53	2. МТЗ-1221+Паллада 3: 0

$$Z_{n1} = 81,53+0=81,53;$$

$$Z_{n2} = 81,53+0=81,53;$$

Вартість паливно-мастильних матеріалів, грн./год.:

$$B_n = (1,1...1,15) C_n \cdot g_{za} \gamma_n \cdot W_{z.3m}, \quad (1.11)$$

де: C_n – ціна палива, ($C_n = 50$ грн./л);

γ_n – питомий об'єм палива, л/кг (для дизельного $\gamma_n = 1,2$); $\gamma_n = 1,2$

$$B_{n1} = 1,15 \cdot 50 \cdot 5,69 \cdot 1,2 \cdot 3,5883 = 1409,7;$$

$$B_{n2} = 1,15 \cdot 50 \cdot 6,64 \cdot 1,2 \cdot 3,078 = 1409,7;$$

Вартість технічного обслуговування, грн./год.
(визначається окремо для трактора і робочої машини)

$$B_{TO} = \frac{(C_n - C_k) \alpha_{TO}}{2T_p \cdot T_3} \quad (1.12)$$

де: a_{mo} – норма річних відрахувань на технічне обслуговування в долях одиниці. [3, табл. 6.7];

$$a_{mom1} = 0,08$$

$$a_{mom2} = 0,08$$

$$a_{mom3} =$$

$$a_{moc1} = 0,16$$

$$a_{moc2} = 0,16$$

$$a_{moc3} =$$

$$B_{mo.mp1} = ((1500000-26880)*0,08)/(2*10*1600)=3,7;$$

$$B_{mo.mp1} = ((1500000-26880)*0,08)/(2*10*1600)=3,7;$$

$$B_{mo.c2M1} = ((200000-9600)*0,16)/(2*10*200)=7,6;$$

$$B_{mo.c2M1} = ((300000-10200)*0,16)/(2*10*200)=11,6;$$

$$B_{mo.1} = 3,7+7,6=11,3;$$

$$B_{mo.2} = 3,7+11,6=15,3;$$

Числові значення, які одержані при розрахунку формул (1.5...1.12) підставити в залежність (1.4) і визначити собівартість години роботи

$$C_{mз} = 187,3+26,22+1,873+0,25+81,53+1409,7+11,3=1718,1;$$

$$C_{mз} = 237+33,18+2,37+0,25+81,53+1409,7+15,3=1779,3;$$

Розраховані по формулам 1.1...1.4 критерії заносимо в таблицю 1.3.

Таблиця 2.3. Формування множини Парето по розрахованим критеріям технічних засобів.

Варіант	$W_{z.зм}$, га/год	g_{za} , кг/га	E_n , МДж/га	$C_{mз}$, грн./год
1. МТЗ-1221+БДС-3,5	3,59	5,69	383,6	1718,1
2. МТЗ-1221+Паллада 3200	3,08	6,64	449,8	1779,3

Для вияву домінуючого варіанту необхідно порівняти чисельні значення розрахованих критеріїв. Кращий варіант складу МТА повинен мати найкращі (для нашого випадку - найменші) значення критеріїв.

Для цього складаємо нову таблицю 1.4 і в колонку продуктивності $W_{z.зм}$ заносимо значення обернені до розрахованих, тобто $\frac{1}{W_{z.зм}}$

Таблиця 2.4. Формування множини Парето по розрахованим критеріям технічних засобів.

Варіант	$\frac{1}{W_{z.зм}}$	g_{za} , кг/га	E_n , МДж/га	$C_{mз}$, грн./год	P_j
1. МТЗ-1221+БДС-3,5	0,28	5,69	383,6	1718,1	330855,39
2. МТЗ-1221+Паллада 3200	0,32	6,64	449,8	1779,3	401909,57

Для наочності процесу вибору застосовуємо графічний метод.

Для цього відкладаємо на радіально розташованих шкалах значення критеріїв. Шкали будуємо таким чином, щоб покращення критерію йшло до центру (точка O).

З'єднуючи точки на шкалах для i -того варіанту, отримуємо багатокутники. На найменших значеннях критеріїв будуємо багатокутник кращого варіанту. Привести малюнок графічного методу вибору кращого агрегату.

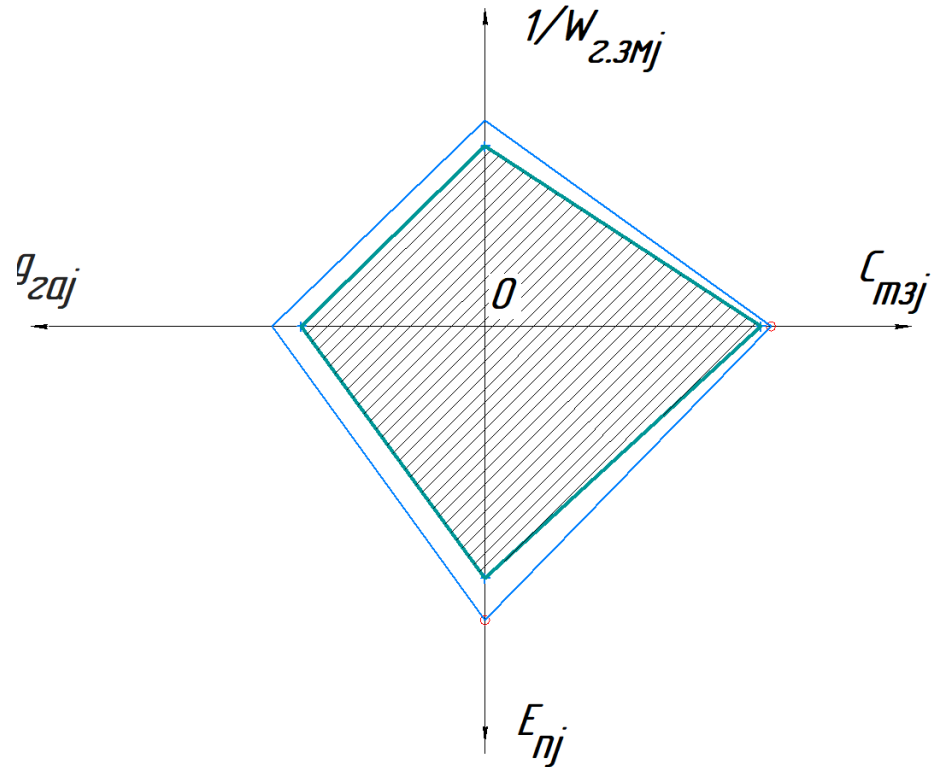


Рис. 2.1 Графічний метод Паретто

В останню колонку таблиці 1.4 заносимо значення площі багатокутників кожного варіанту, що відповідають значенням критеріїв.

$$P_j = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{W_{2.3mj}} \cdot g_{2aj} + \frac{1}{2} g_{2aj} \cdot E_{nj} + \frac{1}{2} E_{nj} \cdot C_{mj} + \frac{1}{2} C_{mj} \cdot \frac{1}{W_{2.3mj}} \quad (1.13)$$

$$P_1 = (0,5 \cdot 0,28 \cdot 5,69) + (0,5 \cdot 5,69 \cdot 383,58) + (0,5 \cdot 383,58 \cdot 1718,14) + (0,5 \cdot 1718,14 \cdot 0,28) = 330855,4;$$

$$P_2 = (0,5 \cdot 0,32 \cdot 6,64) + (0,5 \cdot 6,64 \cdot 449,77) + (0,5 \cdot 449,77 \cdot 1779,27) + (0,5 \cdot 1779,27 \cdot 0,32) = 401909,6;$$

Вибір раціонального складу МТА по методу найменшої відстані до цілі потребує додаткових розрахунків, результати яких заносимо в

Суть методу полягає в порівнянні критеріїв j -го варіанту з деяким ідеалізованим варіантом.

Переважно це умовний варіант, якому приписуються кращі значення критеріїв з числа варіантів, що порівнюються.

Для ідеалізованого варіанту (нижній рядок) вибираємо кращі показники із всіх вище наведених варіантів і заносимо їх в останній рядок таблиці 5 «Ідеал».

Розраховуємо площу багатокутника ідеалізованого варіанту Π_0 по формулі

$$\Pi_0 = (0,5*0,28*5,69361536103447)+(0,5*5,69361536103447*383,5 + (0,5*1718,14*0,28)=330855,39.$$

В останню колонку таблиці 1.5 заносимо узагальнений критерій відстані до цілі (μ), який розраховується для кожного j -го варіанту:

$$\mu_j = \frac{\Pi_j}{\Pi_0} \quad (1.14)$$

Таблиця 1.5. Критерії технічних засобів для вибору ідеалізованого варіанту складу МТА по методу відстані до цілі.

Варіант	$\frac{1}{W_{г.з.мj}}$	$g_{га}$, кг/га	E_n , МДж/га	$C_{мз}$, грн./год	Π_j	μ
1. МТЗ-1221+БДС-3,5	0,28	5,69	383,58	1718,14	330855,4	1,00
3200	0,32	6,64	449,77	1779,27	401909,6	1,21
Ідеал	0,28	5,69	383,58	1718,14	330855,4	1

Порівнюючи значення μ_j різних варіантів технічних засобів з ідеальним значенням μ_0 знаходимо остаточно кращий варіант, який має найменшу відстань до цілі.

Висновки: За результатами багатокритеріального аналізу кращий агрегат для заданих умов роботи має такий склад:

трактор: МТЗ-1221 с.-г. машина: БДС-3,5

2.3 Організація виконання технологічного процесу "дискування"

Основні показники якості дискування:

- термін виконання роботи;
- глибина обробітку;
- рівномірність обробітку;
- ступінь підрізання бур'янів;
- кришіння оброблюваного шару;
- відсутність огріхів та не повністю підрізаних скиб.

Марка трактора: МТЗ-1221

с.г. машина: БДС-3,5

Обґрунтування робочої швидкості агрегату у відповідності із агротехнічними вимогами, які пред'являються до операції.

Встановити інтервал агротехнічно допустимих робочих швидкостей, в межах якого забезпечується висока якість роботи, с.-г. машинами, що виконують основну технологічну операцію [3, табл. 3.14];

$$V_{lim} = 12$$

Вибрати питомий тяговий опір при швидкості $V_o = 5$ км/год

$$k_{o.m} = 6 \text{ кН/м [3,табл. 3.13] у відповідності із}$$

призначенням машини;

Із тягової характеристики [3,табл. 3.11] трактора, заданої марки, в режимі експлуатації $N_m = N_{m.max}$ з урахуванням агрофону вибрати всі передачі, які по чисельному значенні швидкості входять в діапазон агропустимих швидкостей.

Таблиця 2.1. Тягові параметри трактора.

передача параметри	2	3	4			
V_p , км/год	8,13	9,87	13,21			
$P_{т.н}$, кН	30,84	15,77	7,63			
$N_{т.max}$, кВт	47,06	43,24	28			

$$N_{e.n.}, \text{кВт} = 90,4$$

- з метою раціонального використання енергії, яку витрачає трактор на виконання конкретної операції, із вибраних передач вибираємо ту, на якій трактор розвиває найбільшу потужність ($N_{m.max}$). Робоча швидкість (V_p) і номінальне тягове зусилля ($P_{т.н}$) цієї передачі тепер являються основними параметрами для подальшого розрахунку.

$$N_{т.мах} = 47,06 \quad V_p = 8,13 \quad P_{т.н} = 30,84$$

Технічні характеристики агрегату занести в таблиці 2, 3, 4.

Таблиця 2.2. Технічні характеристики трактора.

Марка	Вага $G_{тр}$, кН	Передача	Швидкість V_p , км/год	Тягове зусилля $P_{тн}$, кН
МТЗ-122	44,8	2	8,13	30,84

Таблиця 2.3. Технічні характеристики с-г машини.

Марка	Вага G_m , кН	Ширина захвату B_m , м	Інтервал швидкостей V_{lim} , км/год
БДС-3,5	16	3,5	12

Розрахувати питомий тяговий опір робочих машин.

$$k_{v..m} = k_{o..m} \xi_k \left(1 + \frac{\Delta k}{100} \right) \left[1 + \frac{\Delta C}{100} (V_p - V_o) \right], \quad (2.1)$$

де: ξ_k – коефіцієнт, який враховує спосіб з'єднання машини

(для причіпних $\xi_k = 1$, для начіпних $\xi_k = 0,9...0,95$); $\xi_k = 0,95$

ΔC — приріст питомого тягового опору машини при збільшенні швидкості руху агрегату на 1 км/год, % [3, табл. 3.16]; $\Delta C = 2$

Δk — збільшення питомого опору робочими органами при підвищенні вологості ґрунту, %.

Для визначення приросту Δk користуються залежностями, які приведені на рис. 1 – 5 [2] з урахуванням типу і різновиду ґрунтів. При цьому, за точку оптимуму (W_{opt}) приймають вологість при якій можлива висока якість обробітку ґрунту (табл. 2.5). Величина відхилення вологості (ΔW) визначається при порівнянні значення вологості ґрунту (W), яка задана в вихідних даних, і оптимальної (W_{opt}).

Для заданих ґрунтів: $\Delta k = 4$ %; $k_{v..m} = 6,30$

Розрахувати робочий опір агрегату, кН:

- дискування, луцення, культивація, боронування, глибоко-рихлювачі, чизелі

$$R_a = k_{vm} \cdot b_k \pm G_m \cdot \sin \alpha$$

(знак "+" відповідає руху на підйом)

де: λ_q – коефіцієнт догрузки, який при оранці піщаних ґрунтів і суглинків вологістю 8...9% дорівнює 0,3...0,5, а стерні конюшини вологістю 18.. .20% - 1,0.

$$\lambda_q = 0,3$$

$$f_{mp} \text{ – коефіцієнт опору кочення трактора [3, табл. 3.9], } f_{mp} = 0,2$$

на підйом:

$$R_a = 6 \cdot 3,5 + 44,8 \cdot \sin 4^\circ = 24,13;$$

на спуск:

$$R_a = 6 \cdot 3,5 - 44,8 \cdot \sin 4^\circ = 17,87.$$

Оцінка правильності вибору робочої швидкості агрегату виконується визначенні коефіцієнту використання номінального тягового зусилля трактора:

$$\xi_p = \frac{R_a}{P_{Tn} \pm G_{mp} \sin \alpha}, \quad (2.2)$$

на підйом: $\xi_\delta = 24,13 / (30,84 - 44,8 \cdot \sin 4^\circ) = 0,87;$ **допустимо**

на спуск: $\xi_\delta = 17,87 / (30,84 + 44,8 \cdot \sin 4^\circ) = 0,53.$

Коефіцієнт використання тягового зусилля повинен відповідати значенням [3, табл. 4.1], а в залежності від виду застосованих машин і стану поля він може мати значення 0,6...0,96. В тому випадку, коли значення коефіцієнта (ξ_p) перевищують допустимі, то розрахунки виконують знову на нижчій робочій передачі руху трактора.

В результаті розрахунків укомплектовано агрегат у складі:

трактора МТЗ-1221 ;
 с-г машини БДС-3,5 , який виконує технологічну операцію
 на 2 передачі,
 $V_p = 8,13$ (рух на підйом) і
 на 2 передачі,
 $V_p = 8,13$ (рух на спуск),

конструктивна ширина захвату $B_k = b_{кор} \cdot n_{кор} = 3,5$ м.

Фактична потужність двигуна, яка витрачається в конкретних заданих умовах.

При виконанні технологічної операції, крім безпосередньо луцення, агрегат виконує повороти. Тому, фактичну потужність двигуна визначаємо для двох режимів роботи агрегату: луцення, повороти.

Фактичну потужність двигуна в процесі дискування визначають:

$$N_{\phi p} = \frac{P_{руш} V_p}{3,6 \eta_{mp} \eta_{\delta}} \quad (2.3)$$

$$N_{\phi p} = (36,21 * 8,13) / (3,6 * 0,9 * 0,975) = 93,2;$$

де: η_{mp} – ККД трансмісії приводу рушіїв трактора ($\eta_{mp} = 0,9$);

$P_{руш}$ – рушійна сила, кН;

$$P_{руш} = G_{mp} (f_{mp} + \sin \alpha) + R_a$$

$$P_{руш} = 44,8 * (0,2 + \sin 4^\circ) + 24,13 = 36,21;$$

η_{δ} – коефіцієнт, що враховує втрати на подолання буксування трактора, %;

$$\eta_{\delta} = (1 - \frac{\delta}{100}) \quad (2.4)$$

δ - буксування на вибраній передачі, %; (із тягової характеристики [3, табл. 3.11])

$$\delta = 2,5$$

$$\eta_{\delta} = 1 - (2,5/100) = 0,98.$$

Ступінь використання ефективної потужності двигуна:

$$\xi_N = \frac{N_{\phi p}}{N_{ен}}, \quad (2.5)$$

Коефіцієнт ξ_N розраховуємо для зазначених вище режимів роботи агрегату:

$$\xi_{N\phi p} = 93,2/90,4=1,03.$$

Економічній роботі двигуна трактора відповідають такі режими роботи агрегату, при яких ефективна номінальна потужність використовується не менше ніж на 70...80%.

$$\text{площа } F = 100,0 \text{ га; } L = 1000 \text{ м; } C = 1000 \text{ м.}$$

Рис. 2.1 - Схема руху агрегату по полю

Визначити ширину заїмки, м:

$$C_{opt} = \sqrt{16R_n^2 + 2B_p L_p}, \quad (2.6)$$

де: L_p – довжина робочої частини гону, м.

Довжина L_p визначається за допомогою схеми [3, рис. 5.1]:

$$L_p = L - 2E_p \quad (2.7)$$

де: L – довжина гону (поля), м; $L_p = 1000 - (2 \cdot 16,8) = 966,4$.

E_p – ширина поворотної смуги (раціональне її значення)

Мінімальна ширина поворотної смуги залежить від виду повороту і габаритних розмірів агрегату, її можна визначити за допомогою схеми [3, рис. 5.2]:

$$E_{min} = h + d_k + e, \quad (2.8)$$

$$E_{min} = 10,64448 + 2,1 + 5,7 = 18,44;$$

де: h – параметр, який визначає розміри петлі повороту, в залежності від радіуса R_n ;

$$h = \lambda_E \cdot R_n \quad (2.9)$$

$$h = 2,8 \cdot 3,8016 = 10,64;$$

де: λ_E – коефіцієнт пропорційності, чисельні значення його приведені в [3, рис. 5.2 і табл. 5.6];

$$\lambda_E = 2,8$$

R_n – середній радіус повороту агрегату;

Осереднене значення радіуса повороту залежить від конструктивних (B) та режимних (V) параметрів агрегату:

$$R_n = a_R \cdot R_{no}, \quad (2.10)$$

де: R_{no} – мінімальний радіус повороту при швидкості повороту

$V_n = 5$ км/год [3, табл. 5.4];

$$R_{no} = 2,88$$

a_R – коефіцієнт збільшення радіуса повороту при підвищенні швидкості повороту [3, табл. 5.4];

при $V_n = 9$

маємо $a_R = 1,32$; $R_n = 3,80$

Кінематична ширина агрегату (d_k), а «вліво» чи «вправо» залежить від виду повороту:

$$d_k = v_E \cdot B_k \quad (2.11)$$

де: v_E – коефіцієнт, який характеризує симетричність агрегату:

- для симетричних агрегатів $v_E \approx 0,6$;

- для несиметричних агрегатів $v_E \approx 1,2$;

$$v_E = 0,6$$

B_k – конструктивна ширина захвату агрегату, м (пункт 2.5 даної методики).

$$B_k = 3,5$$

$$d_k = 0,6 \cdot 3,5 = 2,1.$$

Довжина виїзду агрегату (e) залежить від кінематичної довжини агрегату:

$$e = a_e \cdot l_a \quad (2.12)$$

$$e = 0,6 \cdot 9,5 = 5,7;$$

де: a_e – поправочний коефіцієнт, який враховує спосіб з'єднання робочих машин з трактором:

- для причіпних агрегатів $a_e = 0,5 \dots 0,75$;

- для начіпних агрегатів із задньою навіскою $a_e = 0,1 \dots 0,2$;

l_a – кінематична довжина агрегату, м:

$$a_e = 0,6$$

$$l_a = l_{mp} + l_m + l_{\Delta.m} \quad (2.13)$$

де: l_{mp} , l_m , $l_{\Delta m}$ – кінематична довжина, відповідно, трактора, с-г машини і додаткової с.-г. машини, м [3, табл. 5.5; табл. 4.2.].

$$l_{mp} = 4,2 \quad l_m = 5,3 \quad l_{\Delta m} = 0$$

$$l_a = 4,2 + 5,3 + 0 = 9,5.$$

Раціональна ширина поворотної смуги (E_p) повинна бути кратна робочій ширині захвату агрегату для того щоб була можливість обробляти поворотну смугу цілим числом проходів (без огріхів):

$$E_p = n_\phi \cdot B_p, \quad (2.14)$$

де: B_p – робоча ширина захвату агрегату, м:

$$B_p = B_k \cdot \beta \quad (2.15)$$

де: β – коефіцієнт використання ширини захвату [3, табл. 5.3]; $\beta = 0,96$

$$B_p = 3,5 * 0,96 = 3,36;$$

n_ϕ - фактичне число проходів агрегату для обробки поворотної смуги:

$$n_\phi \geq \frac{E_{min}}{B_p}, \quad (2.16)$$

Результат округляється до цілого числа (парного чи непарного).

Парність чи непарність числа проходів на поворотній смузі залежить від особливостей виконуваної операції і розташування сусіднього загону, на який повинен переїхати агрегат.

$$n_\phi = 18,44448 / 3,36 = 5;$$

$$L_p = 966,4;$$

$$E_p = 5 * 3,36 = 16,8;$$

$$C_{onm} = \sqrt{16 * (3,8016^2) + 2 * 3,36 * 966,4} = 82,01.$$

Раціональна ширина заїмки повинна бути кратна подвійній ширині захвату агрегату:

$$C_p = n_{кр} \cdot 2B_p, \quad (2.17)$$

де: $n_{кр}$ — кількість кругів для повного обробітку заїмки.

$$n_{кр} = \frac{C_{онт}}{2B_p}; \quad (2.18)$$

(результат округлити до цілого меншого числа)

$$n_{кр} = 82,01/(2 \cdot 3,36) = 12;$$

$$C_p = 12 \cdot (2 \cdot 3,36) = 82.$$

У всіх випадках ширину заїмки меншою 50 м не приймають.

Оцінка досконалості прийнятого способу руху і виду поворотів виконується при визначенні коефіцієнту робочих ходів:

- при дискуванні петлевим способом із чередуванням заїнок всклад і врозгін:

$$\varphi = \frac{L_p}{L_p + 0,5C_p + \frac{4R_n}{C_p}(2R_n - B_p) + R_n + 2e} \quad (2.19)$$

- при дискуванні обертовим способом:

$$\varphi = \frac{L_p}{L_p + 0,5C_p + R_n + 2e} \quad (2.20)$$

- при дискуванні безпетлевим комбінованим способом:

$$\varphi = \frac{L_p}{L_p + 6R_n + 2e} \quad (2.21)$$

$$\varphi = 966,4/(966,4+0,5*82+3,8016+2*5,7)=0,95;$$

Виконати розрахунки режиму роботи агрегату.

Визначити тривалість чистої (корисної) роботи агрегату за зміну, год:

$$T_p = \tau_{рух} (T_{зм} - T_{зуп}), \quad (2.22)$$

де: $T_{зм}$ - тривалість зміни ($T_{зм} = 7$), год;

$T_{обс}$ - час на організаційно-технічне обслуговування ($T_{обс}=0,05... 0,13$), год;

$$T_{обс} = 0,1$$

Час, затрачений на зупинки для технологічного обслуговування, год:

$$T_{зуп} = T_{обс} + T_{вон} \quad (2.23)$$

$$T_{зуп} = 0,1+0,336=0,44;$$

$$T_p = 0,95*(7-0,436)=6,27.$$

Для визначення коефіцієнту використання часу руху ($\tau_{рух}$) задаємося такими умовами:

При $V_p = V_{нов}$ маємо $\tau_{рух} = \varphi$.

$$V_{нов} = 9$$

При $V_p \neq V_{нов}$ маємо:

$$\tau_{рух} = \frac{k\varphi}{(k-1)\cdot\varphi+1} \quad (2.24)$$

$$\tau_{рух} = (1,11*0,95)/((1,11-1)*0,95+1)=0,95;$$

де: $k = \frac{V_{нов}}{V_p}$

$$k = 9/8,13=1,11.$$

Оцінка ступеня використання часу зміни на виконання корисної роботи виконується при визначенні коефіцієнту:

$$\tau_{зм} = \frac{T_p}{T_{зм}} \quad (2.25)$$

$$\tau_{зм} = 6,27/7=0,9.$$

Розрахувати продуктивність агрегату за годину змінного часу, га/год.

$$W_{зм} = 0,1B_p V_p \tau_{зм}, \quad (2.26)$$

$$W_{зм} = 0,1*3,36*8,13*0,9=2,45.$$

Визначити виробіток агрегату за зміну, га:

$$W_{зм} = W_{зм} \cdot T_{зм} \quad (2.27)$$

$$W_{зм} = 2,45*7=17,12.$$

Виконати розрахунки по визначенню експлуатаційних витрат.

Розрахувати витрати пального на одиницю виробітку агрегату, кг/га:

$$g_{га} = \frac{G_{Tp} T_p + G_{Tx} T_{пов} + G_{Tзуп} T_{зуп}}{T_{зм} W_{зм}}, \quad (2.28)$$

де: G_{Tp} , G_{Tx} , $G_{Tзуп}$ – витрати палива відповідно при робочому ході, на поворотах і зупинках кг/год [3, табл. 6.1];

$$G_{Tp} = 25 \quad G_{Tx} = 12 \quad G_{Tзуп} = 2,4$$

T_p , $T_{пов}$, $T_{зуп}$, $T_{пер}$ – час, затрачений на чисту роботу, на повороти, на зупинки і переїзди, год.

Час, затрачений на повороти, год:

$$T_{пов} = \tau_{пов} \cdot T_p, \quad (2.29)$$

$$\tau_{пов} = 0,06*6,27=0,38;$$

$$T_{пов} = 0,38*6,27=2,36;$$

$$g_{га} = (25*6,27+12*2,36+2,4*0,436)/(7*2,45)=10,86.$$

Розрахувати витрати праці на одиницю виконаної роботи, люд· год/га:

$$Z_{n.za} = \frac{m}{W_{зм}}, \quad (2.30)$$

де: m – кількість працівників, що обслуговують агрегат. $m = 1$

$$Z_{n.za} = 1/2,45=0,41.$$

Розрахувати прямі витрати енергії палива, Дж/га:

$$A_n = H_n \cdot g_{га} \quad (2.31)$$

де: H_n – питома теплота згорання палива, Дж/кг:

(дизельне паливо – $4,166 \cdot 10^7$; бензин – $4,38 \cdot 10^7$; лігроїн – $4,34 \cdot 10^7$;
гас – $4,29 \cdot 10^7$). $H_n = 4,166 \cdot 10^7$;

$$A_n = 4,166 \cdot 10,86 = 45,26 \cdot 10^7.$$

Якщо врахувати, що $1 \text{ кВт} \cdot \text{год} = 0,36 \cdot 10^7 \text{ Дж}$, то повну питому енергоємність можна виразити в кВт·год/га.

Висновки:

$W_{зм}$, га	$g_{га}$, га	$Z_{n.za}$, ЛЮД год/га	A_n , Дж/кг
2,45	10,86	0,41	$45 \cdot 10^7$

3 КОНСТРУКТОРСЬКА РОЗРОБКА

3.1 Конструкція та принцип роботи удосконаленої дискової борони

Для вдосконалення конструкції було обрано дискову борону моделі БДС-3,5 як базовий зразок. У її компоновці передбачено фронтальні та задні секції, з'єднані шарнірним способом, а також дві окремі напіврами. Робочі органи передньої секції представлені вирізними дисками діаметром 660 мм, тоді як на задній частині встановлені гладкі диски такого ж розміру. Налаштування кута розвалу та кута атаки батарей здійснюється за допомогою гідравлічного циліндра й обмежувального пристрою — пальця, який вставляється в один із чотирьох спеціальних отворів на балці.

Для усунення борозни, яку утворює крайній диск задньої секції, у конструкцію включено додатковий загортач дискового типу. Тяговий вузол борони складається з сектора і зчіпної тяги. Стандартна комплектація базової моделі не передбачає наявності транспортного механізму для переміщення агрегату автомобільними дорогами.

Операція переведення машини з робочого в транспортне положення є досить тривалою та малозручною. Крім того, силова рама базової моделі виявилася недостатньо жорсткою й надійною, що негативно впливає на експлуатаційні характеристики. Також існують проблеми з фіксацією кута атаки — наявний механізм не гарантує стабільного утримання обраного положення під час роботи.

Ключовим напрямом модернізації стало удосконалення несучої конструкції. Новий каркас дозволяє встановити чотири дискові батареї, забезпечуючи вищу стійкість і можливість регулювання робочого кута з фіксацією, яка зберігається при навантаженні. Крім того, удосконалена версія борони обладнана шасі з підйомним механізмом, що дозволяє легко перемикатися між робочим і транспортним положенням шляхом підняття або опускання колісної опори.

Цільна рама нового зразка значно підвищує загальну міцність конструкції та дозволяє збільшити ширину захвату агрегату, що позитивно впливає на продуктивність під час обробітку ґрунту.

3.2 Інженерні розрахунки

При переміщенні дисків в ґрунті потужність витрачається на відкидання ґрунту, подрібнення грудок, подолання опору і т.д. Знаючи масу машини і її швидкість руху можемо записати наступне:

$$N_{\text{об}} = \frac{G \cdot f \cdot V_M + P\beta}{3.67 \cdot 10^2} \quad (1)$$

де: G – маса борони, кг;

f – коефіцієнт опору;

V_M – швидкість обробки, км/год;

P – питомий опір, ґрунту при дисковому боронуванні, кг;

β – ширина захвату машини, м.

Тоді,

$$N_{\text{об}} = \frac{1350 \cdot 0.14 \cdot 6 + 200 \cdot 4}{3.67 \cdot 10^2} = 5.3$$

Розрахунок болтового з'єднання на зріз.

Для розрахунків на зріз розглянемо болтове з'єднання, з'єднуюче стійку вирізного диска з рамою.

Болт встановлений в отвір з'єднаних елементів без зазору через значне здвигаюче навантаження.

Здвигаюче зусилля $S(H)$ сприймається безпосередньо самим болтом, що працює на зріз.

$$\tau = \frac{4S}{\pi d_0^2 i Z} \leq [\tau] \quad (2)$$

де: i – число площі зрізу;

$[\tau]$ – напруга, що допускається на зріз матеріалу болта ($[\tau] = (0,2 \dots 0,3) \sigma_T$, $\sigma_T = 480$ МПа ; $[\tau] = 144$ МПа.

d_0 = діаметр болта

Тоді

$$\tau = \frac{4 \cdot 379744}{3.14 \cdot 25^2 \cdot 6 \cdot 1} = 129 \leq [\tau]$$

Циліндричні поверхні контакту з'єднаних елементів в нарізаній частині болта перевіримо на зминання.

Для останньої деталі з'єднання напруги зминання:

$$\sigma_{cm} = \frac{S}{2 \cdot d_0 \cdot h_1 \cdot Z} \leq [\sigma_{cm}] \quad (3)$$

де: h_1 – товщина крайньої деталі, мм

$[\sigma]$ – допустима напруга на зминання.

$$([\sigma_{cm}] = \sigma_T)$$

Тоді

$$\sigma_{cm} = \frac{379744}{2 \cdot 25 \cdot 20 \cdot 2} = 189,8 \leq [\sigma_{cm}]$$

Для середньої деталі

$$\sigma_{cm} = \frac{S}{2 \cdot d_0 \cdot h_2 \cdot Z} \leq [\sigma_{cm}] \quad (4)$$

$$\sigma_{cm} = \frac{379744}{2 \cdot 25 \cdot 10 \cdot 2} \leq 379,7 \leq [\sigma_{cm}]$$

4 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

Розрахунок економічної ефективності технології вирощування кукурудзи здійснимо відповідно до методичних вказівок [22], а також проведемо порівняльний аналіз між традиційною схемою вирощування та нами вдосконаленою.

Таблиця 4.1

Розрахункові дані ефективності виробництва кукурудзи

Показники	Існуюча технологія	Пропонована технологія
1	2	3
1. Балансова вартість машини що припадає на вирощування культури (B_K), грн.	204311,90	193300
2. Витрати на оплату праці (Z), грн.		
– оплата по тарифу	8020,4	10474,3
– додаткова оплата	802,04	1047,43
– нарахування на оплату	3208,16	4189,72
Разом	12030,6	15711,45
3. Витрати на ПР і ТО ($П_P$), грн.	29160,55	25129
4. Амортизаційні відрахування (A), грн.	33646,79	28995
5. Витрати пального ($П$), кг.	6355	6225,56
6. Ціна комплексного палива ($Ц_K$), грн.	45	45
7. Вартість палива (C), грн	285975	280150,2
8. Кількість мінеральних добрив, т	50	60
в т.ч.: азотних	15	17
фосфорних	15	17
калійних	20	26
9. Ціна 1 тони добрив, грн.:		
в т.ч.: азотних	20000	20000
фосфорних	35000	35000
калійних	20000	20000
10. Витрати часу, (t) год.	471,3	584,35
11. Вартість добрив (B_M), грн.		
в т.ч.: азотних	300000	340000
фосфорних	525000	595000
калійних	400000	520000
Разом:	1225000	1455000
12. Кількість насіння, т	18	18
13. Ціна 1 тони насіння, грн.	12000	12500
14. Вартість насіння (B_H), грн.	216000	225000
15. Кількість протруйних засобів, л.	50	50

16. Ціна 1 л, грн.	83,12	83,12
--------------------	-------	-------

1	2	3
17. Витрати на засоби захисту ($B_{ЗАХ}$), грн.	4156	4156
18. Витрати на інсектициди та фунгіциди	8011,32	7461
19. Транспортні витрати ($B_{ТР}$) грн.	2700	2907
20. Витрати на електроенергію (B_E),	398,28	398,28
21. Сума прямих виробничих витрат без амортизації ($ПВВ$), ($ПВВ=З+П_Р+C+B_M+B_H+B_{ЗАХ}+B_{ТР}+B_{ЕЛ}$), грн.	1784519,35	2017452,53
22. Орендна плата за землю (B_O), грн. ($B_O = 130$ грн/га)	13000	13000
23. Страхові платежі ($B_{СП}$), грн. ($B_{СП} = ПВВ \cdot 0,07$)	124916,35	141221,68
24. Інші прямі витрати ($B_{ІН}$), грн. ($B_{ІН} = ПВВ \cdot 0,10$)	178451,935	201745,253
25. Загальновиробничі витрати ($B_{ЗАГ}$), грн. ($B_{ЗАГ} = ПВВ \cdot 0,05$)	89225,97	100872,63
26. Всього виробничих витрат ($ВВ$), грн. ($ВВ = ПВВ + B_O + B_{СП} + B_{ІН} + B_{ЗАГ} + A$)	2223760,397	2503287,087
в т. ч. на 1 га посіву	22237,60	25032,87
на 1 ц продукції	234,08	250,33

Таблиця 4.2

Розрахункові дані ефективності виробництва кукурудзи

Показники	Існуюча технологія	Пропонована технологія	Відхилення, %
1. Площа посіву, га	100	100	0
2. Урожайність, ц/га.	95	100	5,26
3. Валовий збір зерна, т	950	1000	5,26
4. Витрати часу, год.			
на 1 га	5,71	5,64	-1,241
на 1 ц	0,16	0,14	-14,29
5. Виробничі витрати, тис. грн.	2223,76	2503,29	12,57
6. Собівартість 1 центнера зерна, грн.	234,08	250,33	6,94
7. Ціна продукції, грн./ц.	650,0	650,0	0
8. Вартість продукції, тис. грн.	6175	6500	5,26
9. Умовний прибуток, тис. грн.	3951,240	3996,713	1,15
10. Додаткова сума прибутку, тис. грн.		45,47	

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

Протягом останніх років застосовувана на підприємстві технологія вирощування кукурудзи не забезпечувала стабільного зростання урожайності. Технологічні операції виконувались не завжди з максимальною ефективністю, враховуючи наявну сільськогосподарську техніку та її склад.

Розроблена в межах нашого дослідження вдосконалена агротехнологія дозволяє підвищити рівень продуктивності кукурудзи, а також скоротити як фінансові витрати, так і експлуатаційні ресурси.

Поглиблений аналіз передпосівного обробітку ґрунту засвідчив, що нерівна поверхня поля є суттєвим чинником, який негативно впливає на якість висіву. Запропоноване нами конструктивне поліпшення борони для передпосівної підготовки дозволяє ефективно вирівнювати ґрунт, забезпечуючи утворення однорідної структури частинок у верхньому шарі.

Реалізація запропонованих удосконалень сприятиме зниженню собівартості продукції на 6,9%, водночас забезпечуючи зростання валового збору на 5,3%. Таким чином, при обробці 100 гектарів посівної площі господарство отримає додатковий прибуток у розмірі 45,47 тисяч гривень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Процеси, машини та обладнання АПВ: навч. посіб. / М. О. Свірень, В. П. Смірнов, І. М. Осипов та ін. - Кропивницький : Лисенко В. Ф., 2018. - 296 с.
2. Сільськогосподарські машини: навч. посіб. / П. В. Сисолін, В. М. Сало, М. О. Свірень та ін. - 2-е вид., перероб. та доп. - Кропивницький : Лисенко В. Ф., 2017. - 156 с.
3. Гунько І.В. Аналіз технологічних систем. Обґрунтування інженерних рішень: навч. посіб. / І.В. Гунько, О.О. Галушак, С.М. Кравець – Вінниця: ВНАУ, 2019. – 216 с.
4. Основні технологічні помилки при обробці ґрунту та їх запобігання [Електронний ресурс] // Галещина машзавод. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://galmash.com.ua/ua/news/osnovnye-tehnologicheskie-oshibki-pri-obrabotke-pochvy-ih-predotvraschenie>.
5. Практикум із машиновикористання в рослинництві : навчальний посібник / А. С. Лімонт [та ін.]. - Київ : Кондор, 2022. - 284 с.
6. Степанець О.І. Обґрунтування параметрів і конструкції комбінованого ґрунтообробного агрегату, побудованого на принципах біоніки: дипломна робота на звання магістр / Степанець Олександр Іванович – Дніпро: ДДАЕУ, 2019. – 74с.
7. Цилюрик Я. Поверхневий обробіток і рослинні рештки / Електронний ресурс/код доступу: <https://www.zerno-ua.com/journal/2019/may-2019-god/poverhneviy-obrobitok-i-roslinni-reshtki>
8. Дегусаров А. Вітчизняна техніка для загортання рослинних решток [Електронний ресурс] / А. Дегусаров, А. Мазуренко, К. Дорошенко // Аграрний сектор України. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <http://agroua.net/technics/articles/index.php?aid=33>
9. Сільськогосподарські та меліоративні машини: Підручник / [Д. Г. Войтюк, В. О. Дубровін, Т. Д. Іщенко та ін.]. – Київ: Вища освіта, 2004. – 544 с.
10. Гайденко О. Правильний обробіток ґрунту — запорука високих урожаїв [Електронний ресурс] / О. Гайденко // Агробізнес Сьогодні. – 2018. –

Режим доступу до ресурсу: <http://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/9224-pravylnyi-obrobitok-gruntu-zaporuka-vysokykh-urozhaiv.html>.

11. Як досягти раціонального обробітку ґрунту під озимину: поради науковців [Електронний ресурс] // GrowHow.in.ua. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.growhow.in.ua/yak-dosyagty-ratsionalnogo-obrobitku-gruntu-pid-ozymynu-porady-naukovtsiv/>.

12. Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів : ДСТУ 4362:2004. – [Чинний від 2006–01–01]. – К.: Держаспоживстандарт України, 2005. – 36 с.

13. Janulevičius, A., Šarauskis, E., Čiplienė, A., Juostas, A., 2019. Estimation of farm tractor performance as a function of time efficiency during ploughing in fields of different sizes. *Biosyst. Eng.* 179, 80–93.

14. Lockwood, C., 2019. *Know Your Farm Machinery (Old Pond Books) 43 Machines including Tractors, Ploughs, Cultivators, Drills, Spreaders, Balers, and More, with Fun Facts and a Full-Page Photo of Each Agricultural Machine.* Old Pond Publishing.

15. Lovarelli, D., Bacenetti, J., Fiala, M., 2017. Effect of local conditions and machinery characteristics on the environmental impacts of primary soil tillage. *J. of Clean. Production.* 140, 479–491.

16. Van Linden, V., Herman, L., 2014. A fuel consumption model for off-road use of mobile machinery in agriculture. *Energy* 77, 880–889.

17. Bell, B., 2019. *Farm Machinery, 6th Edition (Old Pond Books) (6th ed.).* Old Pond Publishing.

18. Godwin, R.J., 2019. A review of the effect of implement geometry on soil failure and implement forces. *Soil Tillage Res.* 97, 331–340.

19. Sahu, R.K., Raheman, H., 2006. Draught prediction of agricultural implements using reference tillage tools in Sandy Clay loam soil. *Biosyst. Eng.* 94, 275–284

20. McLaughlin, N.B., Campbell, A.J., 2004. Draft-speed-depth relationships for four liquid manure injectors in a fine sandy loam soil. *Canad. Biosyst. Eng.* 46, 2.1–2.5.

21. Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці» в випускних роботах здобувачами вищої освіти першого (бакалаврського) рівня вищої освіти. - Суми: СНАУ, 2021.– 16 с.

22. Мікуліна М.О. Методичні рекомендації щодо виконання розділу кваліфікаційної роботи (дипломного проекту) здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня денної та заочної форм навчання спеціальності 208 «Агроінженерія». Суми. 2021. – 44 с.

ДОДАТКИ