

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 соняшнику в умовах ТОВ «Маяк» Охтирського району Сумської області»

Виконав:

(підпис)

Великород В.Г.

(Прізвище, ініціали)

Група:

РМХ 2201с.т.

(Науковий) керівник:

(підпис)

Соколік С.П.

(Прізвище, ініціали)

Суми – 2025

АНОТАЦІЯ

Великород В.Г.

Обґрунтування складу машинного агрегату для підготовки ґрунту під посів соняшнику в умовах ТОВ «Маяк» Охтирського району Сумської області

ОПШ Агроінженерія

Спеціальність 208 Агроінженерія

Сумський національний аграрний університет

М. Суми, 2025р.

Пояснювальна записка містить в собі 42 аркушів, 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 соняшника по інтенсивній технології розроблений комплекс заходів по передпосівному обробітку ґрунту та сівбі, визначений кількісний і якісний склад технічних засобів при вирощуванні культури.

Розрахований економічний аналіз ефективною технології.

Ключові слова: соняшник, машиновикористання, агрегат, умови праці, машинотракторний парк, використання техніки, технологія.

ANNOTATION

Velykorod V.G.

Justification of the composition of the machine unit for preparing the soil for sowing sunflower in the conditions of Mayak LLC, Okhtyrsky district, Sumy region

EP Agroengineering

Specialty 208 Agroengineering

Sumy National Agrarian University

Sumy, 2025

The explanatory note contains 42 sheets, 14 - tables, 22 - used literature sources, 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 sunflower using intensive technology, a set of measures for pre-sowing soil cultivation and sowing 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: sunflower, machine use, unit, working conditions, machine and tractor fleet, use of equipment, technology.

ЗМІСТ

Вступ	7
1 АНАЛІЗ ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА	8
1.1 Місце розташування та напрямок діяльності господарства	8
1.2 Структура землевикористання та посівних площ	8
1.3 Склад машинно-тракторного парку	9
2 ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МЕХАНІЗОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ	11
2.1. Технологічні властивості соняшника	11
2.2 Обґрунтування технічних засобів для культивації	13
2.3 Організація виконання технологічного процесу "культивація"	22
3 КОНСТРУКТОРСЬКА РОЗРОБКА. ПРИСТРІЙ ДЛЯ ПЕРЕДПОСІВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ	32
3.1 Необхідність застосування пристрою	32
3.2 Будова і робота пристрою	32
3.3 Інженерні розрахунки.	34
4 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ	36
ВИСНОВКИ	39
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	40

ВСТУП

Аграрному сектору України відведено важливу роль у забезпеченні продовольчої безпеки держави та розвитку національної економіки. Однією з провідних сільськогосподарських культур є соняшник, який займає значні площі у структурі посівів та є основною олійною культурою в країні. Вирощування соняшнику вимагає дотримання певних агротехнічних вимог, особливо щодо підготовки ґрунту, що значною мірою визначає майбутній урожай.

Раціональний вибір машинного агрегату для передпосівного обробітку ґрунту дозволяє забезпечити оптимальні умови для висіву насіння, рівномірність глибини загортання, збереження вологи та зменшення енергетичних витрат. У сучасних умовах господарювання особливої актуальності набуває питання підвищення ефективності використання технічних ресурсів в аграрних підприємствах.

Метою даної кваліфікаційної роботи є обґрунтування раціонального складу машинного агрегату для підготовки ґрунту для посіву соняшнику в умовах агропідприємства ТОВ «Маяк» Охтирського району Сумської області з урахуванням агротехнічних вимог, типу ґрунтів, особливостей господарства та ефективного використання машинно-тракторного парку.

У процесі виконання роботи буде проведено аналіз виробничих умов агрофірми, техніко-економічне обґрунтування вибору машин і агрегатів, а також оцінка ефективності запропонованого рішення. Крім того буде запропоновано конструктивне вдосконалення для ґрунтообробного агрегату, що дозволить покращити показники якості виконання даної технологічної операції.

1. АНАЛІЗ ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА

1.1 Місце розташування та напрямок діяльності господарства

Сільськогосподарське підприємство ТОВ "Маяк" здійснює свою роботу на територіях, що знаходяться в межах Сумської області. Основні площі, які обробляються, розташовані в межах громад Охтирського району, де товариство орендує земельні ділянки.

Головним напрямом господарської діяльності компанії є вирощування сільськогосподарських культур. На залучених у користування полях культивують зернові й технічні рослини, продукція яких реалізується як на українському ринку, так і за кордоном.

Кліматичні умови регіону загалом сприяють ефективному веденню аграрного виробництва: протягом року спостерігається достатній рівень опадів, зими характеризуються відносною м'якістю, а літній період — теплом і періодичною спекою. Сукупність цих природних чинників забезпечує стабільне отримання високих урожаїв.

1.2 Структура землекористання та посівних площ

Для збільшення обсягів агровиробництва важливим напрямом роботи є оптимізація структури посівів і впровадження ефективних схем чергування культур. В табл. 1.1 відображена структура земельного фонду підприємства.

Таблиця 1.1

Структура угідь ТОВ "Маяк"

№ п/п	Назва	Одиниця виміру	Площа	%
1	Всього угідь, в тому числі:	га	3232	100
2	Рілля	га	2900	96
3	Пасовища	га	250	3
4	Ліси	га	82	1

Аналіз структури використання земельних ресурсів підприємства "Агро-Поліс" засвідчує, що господарство має у розпорядженні достатньо площ для вирощування різноманітних сільськогосподарських культур.

Втім, як видно з таблиці 1.2, стабільно високих показників урожайності досягти не вдається. Це обумовлено як природними обставинами, серед яких — недостатня кількість опадів у критичні періоди розвитку рослин чи раптові заморозки, так і низкою виробничих недоліків. До останніх належать неефективне застосування засобів захисту та мінеральних добрив, порушення принципів сівозміни, невідповідна якість посівного матеріалу, а також недотримання оптимальних строків та технологічних вимог агровиробництва.

Таблиця 1.2

Площі та врожайність вирощуваних агрокультур

№ п/п	Культура	2022 рік		2023 рік		2024 рік	
		Площа, га	Урожайність, ц/га	Площа, га	Урожайність, ц/га	Площа, га	Урожайність, ц/га
1	Озима пшениця	264	43,8	260	44,7	100	47,0
2	Соя	1023	27,2	1150	24,3	1400	25,7
3	Озимий ріпак	175	13,6	400	33,4	300	22,1
4	Соняшник	707	19,4	530	19,7	600	21,0
5	Кукурудза	450	79,2	400	77,2	500	80
6	Всього	2782	-	2801	-	2900	-

1.3 Склад машинного парку

Щоб забезпечити ефективно та вчасне виконання усіх етапів технології вирощування сільськогосподарської культури, необхідно мати достатній перелік сільгосптехніки та енергетичних ресурсів. У таблицях 1.3, 1.4 і 1.5 представлено перелік машин і обладнання, якими користується підприємство «Маяк».

Таблиця 1.3

Склад тракторного парку

№ п/п	Марка	Кількість	Потужність, кВт
1	John Deere 6132M	2	95
2	CASE IH Puma 225	2	165
3	CASE IH Magnum 380	2	285
4	ХТЗ-17221	2	130
5	МТЗ-1221	2	90
6	Т-150К	2	110

Таблиця 1.4

Склад парку складних машин

№ п/п	Марка	Кількість	Назва
1	Claas Lexion 620	2	Комбайн зернозбиральний
2	Claas Lexion 770	2	Комбайн зернозбиральний
3	John Deere 1188	3	Комбайн зернозбиральний

Таблиця 1.5

Склад парку с./г. машин

№ п/п	Назва	Марка	Кількість
1	Плуг	GREGOIRE BESSON SPR (6+1)	2
2	Плуг	LEMKEN Euro Opal-6 (5+1)	2
3	Культиватор	Polaris 4	4
	Культиватор	Polaris 8	3
	Борона дискова	John Deere 630	2
	Борона дискова	LEMKEN Rubin 9/600	2
4	Сівалка	Astra-6	3
5	Сівалка	John Deere 7000	2
6	Сівалка	KINZE Precision Plantin	2

Метою нашого проєкту є визначення оптимального набору технічних засобів та обладнання, необхідних для ефективного передпосівного обробітку ґрунту під соняшник, із подальшим удосконаленням конструктивних елементів культиватора. Запропоновані рішення сприятимуть покращенню якості агротехнічних операцій та зниженню витрат на експлуатацію техніки в процесі вирощування культури.

2 ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МЕХАНІЗОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

2.1 Технологічні властивості соняшника

Соняшник – одна з провідних олійних культур, що має велике аграрне і економічне значення. Його вирощування охоплює широкі регіони з різними кліматичними умовами, проте найвищих урожаїв досягають у степовій і лісостеповій зонах, де соняшник отримує максимальну кількість тепла та світла. Основою ефективного вирощування є правильний вибір гібриду, дотримання сівозміни, своєчасна обробка ґрунту, внесення добрив, захист рослин від шкідників, хвороб і бур'янів, а також збирання врожаю в оптимальні строки.

Сучасні технології вирощування соняшнику передбачають використання високопродуктивних гібридів, стійких до посухи та основних хвороб, таких як фомоз, фомопсис, біла і сіра гнилі, і несправжня борошниста роса. Все більше набувають популярності гібриди, стійкі до гербіцидів на основі імідазолінонів (технології Clearfield) або трибенурон-метилу (технології ExpressSun), що дозволяє ефективно боротися з бур'янами, навіть такими злісними як осот або амброзія.

Ґрунтовий обробіток має велике значення. У традиційній технології застосовують оранку на глибину 20–25 см, що дозволяє знищити багаторічні бур'яни, накопичити вологу та створити оптимальні умови для проростання насіння. У ресурсозберігаючих технологіях все частіше використовують мінімальний або нульовий обробіток, особливо в посушливих регіонах. При цьому важливо проводити якісну передпосівну підготовку ґрунту, щоб забезпечити рівномірну глибину загортання насіння і хороший контакт з ґрунтом.

Сівба проводиться при прогріванні ґрунту до +8...+10°C. Глибина загортання насіння залежить від типу ґрунту і вологості: на легких – 4–6 см, на важких – до 8 см. Оптимальна густина стояння рослин варіюється залежно від зони вирощування та гібриду: у Степу – 45–50 тис./га, у Лісостепу – 55–60

тис./га. Надмірне загушення призводить до витягування рослин, зниження маси насіння та підвищення ураження хворобами.

Підживлення соняшнику потребує насамперед азоту, фосфору і калію, проте також важливими є мікроелементи – бор, цинк, молібден. У фазі 6–8 листків доцільне внесення бору для запобігання деформації кошиків та підвищення вмісту олії. Залежно від аналізу ґрунту і попередника, добрива вносяться восени під основний обробіток і навесні під передпосівну культивуацію.

Однією з найбільших загроз для соняшнику є бур'яни, зокрема дводольні, які швидко пригнічують молоді сходи. Для контролю бур'янів використовують ґрунтові гербіциди (ацетохлор, прометрин), а також страхові (флорасулам, кломазон, імазамокс) у відповідних технологіях. Своєчасне застосування засобів захисту рослин – важливий елемент агротехніки.

Шкідники, такі як дротяники, вовчок, соняшникова міль, також завдають значної шкоди. Проти вовчка слід обирати стійкі гібриди, а також дотримуватись правильних сівозмін, не вирощуючи соняшник на одному полі частіше, ніж раз на 5–6 років. Ураження хворобами зменшують за рахунок протруєння насіння фунгіцидами, дотримання сівозміни та використання агротехнічних прийомів, що покращують аерацію рослин.

Збирання врожаю проводять при повній стиглості – вологість насіння 10–12%. Запізнення із збиранням призводить до втрат насіння, а передчасне – до підвищених затрат на досушування. Для збирання використовують спеціалізовані жатки, які мінімізують пошкодження кошиків і втрати насіння.

Отже, технологія вирощування соняшнику – це складна система заходів, яка потребує чіткого дотримання агрономічних вимог, сучасного підходу до вибору сортів і засобів захисту, а також адаптації до змін клімату. Успішне поєднання всіх технологічних елементів забезпечує високий і стабільний урожай.

2.2 Обґрунтування технічних засобів для культивування

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.

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

Таблиця 2.1. 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+Polaris-4	90	4100	2238		4,8	229
2. ХТЗ-17121+Polaris-8	130	8200	4330		9,9	250

Продуктивність технічного засобу, га/год:

$$W_{z.zm} = W_o \cdot \tau_{zm}; \quad (2.1)$$

$$W_{z.zm1} = 4,8 \cdot 0,76 = 3,648;$$

$$W_{z.zm2} = 9,9 \cdot 0,76 = 7,524;$$

де: W_o – продуктивність за годину основного часу, га/год (табл. 2.1);

τ_{zm} – коефіцієнт використання часу зміни [3], $\tau_{zm} = 0,76$

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

$$g_{za} = \frac{10^{-3} N_{ен} \cdot g_{ен}}{W_{z.zm}}; \quad (2.2)$$

$$g_{za1} = 0,09 \cdot 229 / 3,648 = 5,65;$$

$$g_{za2} = 0,13 \cdot 250 / 7,524 = 4,32;$$

де: $N_{ен}$ – номінальна ефективна потужність двигуна, кВт (табл. 2.1);

$g_{ен}$ – питомі витрати палива двигуна, г/кВт·год [табл.2.1].

Затрати сукупної непоновлюваної енергії, МДж/га:

$$E_{m} = \alpha_n g_{za} + \sum_{m=1}^m \alpha_{mi} g_{mi} + \frac{\alpha_{mp} M_{mp} + \sum_{np=1}^n \alpha_{np} M_{np} + \sum_{p=1}^k \alpha_p M_p + \sum_{i=1}^j \alpha_i N_i}{W_{z.zm}} \quad (1.3) \quad 13$$

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

$$a_{n1} = 52,8 \quad a_{n2} = 52,8 \quad a_{n3} = 0$$

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

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

$$a_{mi1} = 0 \quad a_{mi2} = 0$$

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

$$g_{mi1} = 0 \quad g_{mi2} = 0$$

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

$$a_{mp1} = 0,0243 \quad a_{mp2} = 0,0243$$

$$a_{pm1} = 0,051 \quad a_{pm2} = 0,051$$

M_{mp} , M_p – маса трактора, причепів, зчіпки, робочих машин, кг; (табл.2.1);

$$M_{mp1} = 4100 \quad M_{mp2} = 8200$$

$$M_{p1} = 2238 \quad M_{p2} = 4330$$

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).

$$N_i = 1$$

$$E_{nn1} = (52,8*5,65+0*0)+((0,0243*4100+0,051*2238+(60,8+0*1))/3,14$$
$$=373,57;$$

$$E_{m2} = (52,8*4,32+0*0)+((0,0243*8200+0,051*4330+(60,8+0*1))/7,5 \\ =291,98;$$

Собівартість години роботи технічного засобу, грн./год:

$$C_{mз} = A + K + Z_{\text{б}} + П + C_{\text{т}} + Z_{\text{н}} + B_{\text{н}} + B_{\text{м}} + B_{\text{то}}; \quad (1.4)$$

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

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

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

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

$C_{\text{т}}$ – страхові внески, грн./год;

$Z_{\text{н}}$ – витрати на оплату праці персоналу, грн./год;

$B_{\text{н}}$ – вартість паливно-мастильних матеріалів, грн./год;

$B_{\text{м}}$ – вартість технологічних матеріалів, грн./год;

$B_{\text{то}}$ – вартість технічного обслуговування, грн./год.

Амортизаційні відрахування, грн./год

(визначаються окремо для трактора і для робочої машини)

$$A = \frac{(Ц_{\text{н}} - Ц_{\text{к}})}{T_{\text{р}} \cdot T_{\text{з}}} \quad (1.5)$$

де: $Ц_{\text{н}}$ – вартість нового технічного засобу, грн. [3, табл. 6.7];

Таблиця 2.2. Вартість нових тракторів та сільськогосподарських машин.

Марка трактору	МТЗ-1221	ХТЗ-17121
Вартість, грн.	760000	1950000
Марка с-г машини	Polaris-4	Polaris-8
Вартість, грн.	250000	495000

$Ц_{\text{к}}$ – вартість технічного засобу в кінці експлуатації, грн.

$$Ц_{\text{к}} = Ц_{\text{мб}} \cdot M_{\text{мз}}; \quad (2.6)$$

$$Ц_{\text{км1}} = 6*4100=24600;$$

$$Ц_{\text{км2}} = 6*8200=49200;$$

$$Ц_{кк-21} = 6 \cdot 2238 = 13428;$$

$$Ц_{кк-22} = 6 \cdot 4330 = 25980;$$

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

$M_{тз}$ – маса технічного засобу, кг (табл. 2.1),

T_p – строк служби трактору, роки;

$$T_{p1} = 10$$

$$T_{p2} = 10$$

$T_{с.г.м}$ – строк служби с.г. машини, роки;

$$T_{с.г.м1} = 5$$

$$T_{с.г.м2} = 5$$

T_3 – нормативне завантаження технічного засобу на протязі року, год.
[3 табл. 6.7],

$$T_{з.тп1} = 1600$$

$$T_{з.тп2} = 1600$$

$$T_{з.тп3} = 0$$

$$T_{з.сгм1} = 230$$

$$T_{з.сгм2} = 230$$

$$T_{з.сгм3} = 0$$

$$A_{тп1} = (760000 - 24600) / (10 \cdot 1600) = 45,96;$$

$$A_{тп2} = (1950000 - 49200) / (10 \cdot 1600) = 118,8;$$

$$A_{сгм1} = (250000 - 13428) / (5 \cdot 230) = 205,7;$$

$$A_{сгм2} = (495000 - 25980) / (5 \cdot 230) = 407,8;$$

$$A_{агп1} = 45,96 + 205,7 = 251,7;$$

$$A_{агп2} = 118,8 + 407,8 = 526,6;$$

Витрати на погашення кредиту, грн./год.

(визначаються окремо для трактора і робочої машини)

$$K = \frac{(Ц_n - Ц_k)k}{2T_p \cdot T_3} \quad (2.7)$$

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

$$K_{тп1} = ((760000 - 24600) \cdot 0,3) / (2 \cdot 10 \cdot 1600) = 6,89;$$

$$K_{тп2} = ((1950000 - 49200) \cdot 0,3) / (2 \cdot 10 \cdot 1600) = 17,82;$$

$$K_{сгм1} = ((250000 - 13428) \cdot 0,3) / (2 \cdot 5 \cdot 230) = 30,86;$$

$$K_{сгм2} = ((495000 - 25980) \cdot 0,3) / (2 \cdot 5 \cdot 230) = 61,18;$$

$$K_1 = 6,89 + 30,86 = 37,75;$$

$$K_2 = 17,82 + 61,18 = 79;$$

Витрати на зберігання технічних засобів, грн./год.
(визначаються окремо для трактора і робочої машини)

$$Z_{\delta} = \frac{(C_n - C_k) a}{T_p \cdot T_3} \quad (2.8)$$

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

$$Z_{\delta, mp1} = ((760000 - 24600) * 0,01) / (10 * 1600) = 0,46;$$

$$Z_{\delta, mp2} = ((1950000 - 49200) * 0,01) / (10 * 1600) = 1,188;$$

$$Z_{\delta, c2m1} = ((250000 - 13428) * 0,01) / (5 * 230) = 2,057;$$

$$Z_{\delta, c2m2} = ((495000 - 25980) * 0,01) / (5 * 230) = 4,078;$$

$$Z_{\delta 1} = 0,46 + 2,057 = 2,52;$$

$$Z_{\delta 2} = 1,188 + 4,078 = 5,27;$$

Податок на технічні засоби, грн./год.:

$$P = \frac{P_p}{T_3} \quad (2.9)$$

де: P_p – річний податок, грн.

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

$$P_{pm1} = 240$$

$$P_{pm2} = 400$$

$$P_{pc21} = 0$$

$$P_{pc22} = 0$$

$$P_{mp1} = 240 / 1600 = 0,15;$$

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

$$P_{c2m1} = 0 / 230 = 0;$$

$$P_{c2m2} = 0 / 230 = 0;$$

$$П_1 = 0,15 + 0 = 0,15;$$

$$П_2 = 0,25 + 0 = 0,25;$$

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

$$З_n = \sum_i^N C_{zi} \quad (2.10)$$

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

Ставка механізатора:		Ставка обслуговуючого персоналу:	
1. МТЗ-1221+Polaris-4	81,53	1. МТЗ-1221+Polaris-4	0
2. ХТЗ-17121+Polaris-8	81,53	2. ХТЗ-17121+Polaris-8	0

$$З_{n1} = 81,53 + 0 = 81,53;$$

$$З_{n2} = 81,53 + 0 = 81,53;$$

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

$$B_n = (1,1 \dots 1,15) Ц_n \cdot g_{за} \gamma_n \cdot W_{ззм}, \quad (2.11)$$

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

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

$$B_{n1} = 1,15 * 50 * 5,65 * 1,2 * 3,648 = 1422,1;$$

$$B_{n2} = 1,15 * 50 * 4,32 * 1,2 * 7,524 = 2242,5;$$

Вартість технічного обслуговування, грн./год.

(визначається окремо для трактора і робочої машини)

$$B_{ТО} = \frac{(Ц_n - Ц_k) \alpha_{ТО}}{2T_p \cdot T_3} \quad (2.12)$$

де: $\alpha_{то}$ – норма річних відрахувань на технічне обслуговування в долях одиниці. [3, табл. 6.7];

$$\alpha_{мом1} = 0,08 \quad \alpha_{мом2} = 0,08$$

$$\alpha_{moc1} = 0,16 \quad \alpha_{moc2} = 0,16$$

$$B_{mo.mp1} = ((760000 - 24600) * 0,08) / (2 * 10 * 1600) = 1,8;$$

$$B_{mo.mp1} = ((1950000 - 49200) * 0,08) / (2 * 10 * 1600) = 4,8;$$

$$B_{mo.czm1} = ((250000-13428)*0,16)/(2*5*230)=16,5;$$

$$B_{mo.czm2} = ((495000-25980)*0,16)/(2*5*230)=32,6;$$

$$B_{mo.1} = 1,8+16,5=18,3;$$

$$B_{mo.2} = 4,8+32,6=37,4;$$

Числові значення, які одержані при розрахунку формул (2.5...2.12) підставити в залежність (2.4) і визначити собівартість години роботи

$$C_{m3} = 251,7+37,75+2,52+0,15+81,53+1422,1+18,3=1814;$$

$$C_{m3} = 526,6+79+5,27+0,25+81,53+2242,5+37,4=2972,6;$$

Розраховані по формулам 2.1...2.4 критерії заносимо в таблицю 2.3.

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

Варіант	$W_{г.зм}$, га/год	$g_{га}$, кг/га	E_n , МДж/га	C_{m3} , грн./год
1. МТЗ-1221+Polaris-4	3,65	5,65	373,6	1814,0
2. ХТЗ-17121+Polaris-8	7,52	4,32	292,0	2972,6

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 2.4 і в колонку продуктивності $W_{г.зм}$ заносимо значення обернені до розрахованих, тобто $\frac{1}{W_{г.зм}}$

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

Варіант	$\frac{1}{W_{г.зм}}$	$g_{га}$, кг/га	E_n , МДж/га	C_{m3} , грн./год
1. МТЗ-1221+Polaris-4	0,27	5,65	373,6	1814,0
2. ХТЗ-17121+Polaris-8	0,13	4,32	292,0	2972,6

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 О).

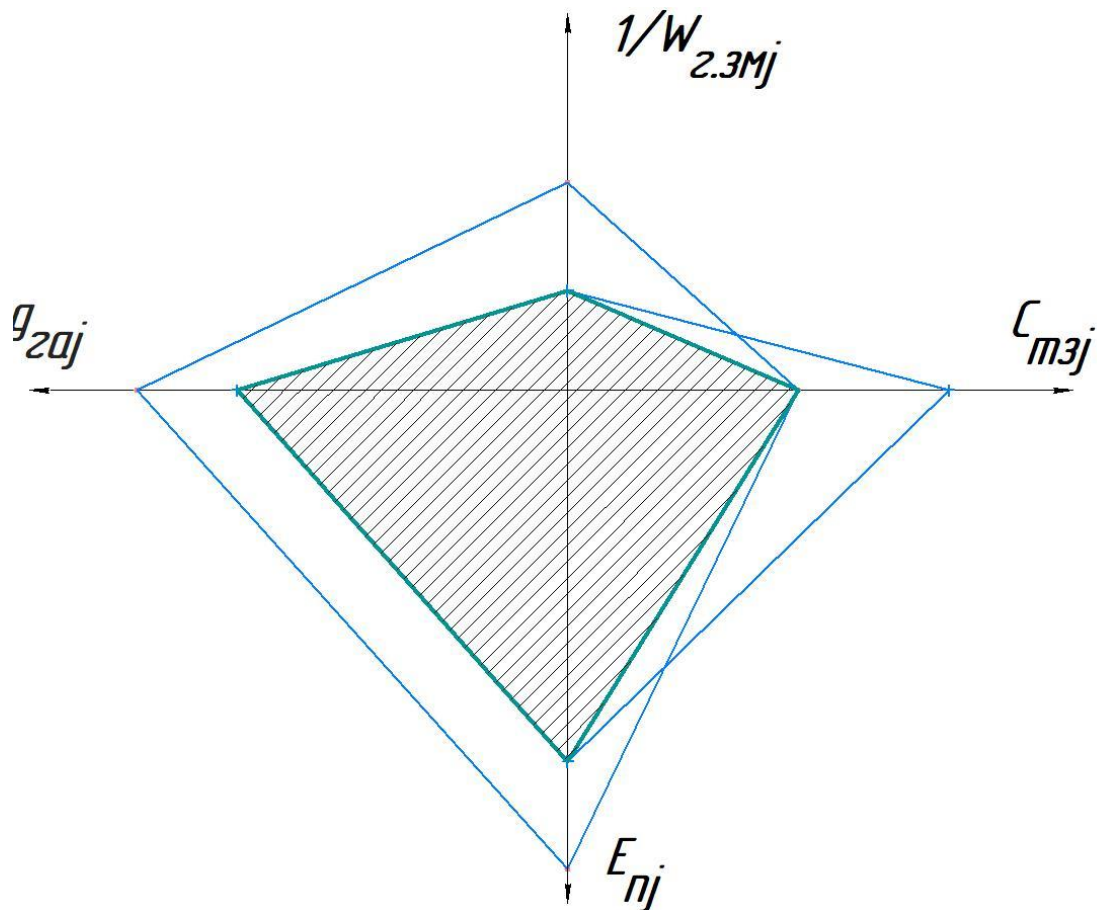


Рис. 2.1. Вибір агрегату за методом Паретто

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

$$P_j = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{W_{2.3mj}} \cdot g_{зaj} + \frac{1}{2} g_{зaj} \cdot E_{пj} + \frac{1}{2} E_{пj} \cdot C_{mзj} + \frac{1}{2} C_{mзj} \cdot \frac{1}{W_{2.3mj}} \quad (2.13)$$

$$P_1 = (0,5 \cdot 0,27 \cdot 5,65) + (0,5 \cdot 5,65 \cdot 373,57) + (0,5 \cdot 373,57 \cdot 1814,01) + (0,5 \cdot 1814,01 \cdot 0,27) = 340130,8;$$

$$P_2 = (0,5 \cdot 0,13 \cdot 4,32) + (0,5 \cdot 4,32 \cdot 291,98) + (0,5 \cdot 291,98 \cdot 2972,57) + (0,5 \cdot 2972,57 \cdot 0,13) = 434789,6;$$

Кращому варіанту відповідає багатокутник з найменшим значенням площі

Вибір раціонального складу МГА по методу найменшої відстані до цілі потребує додаткових розрахунків, результати яких заносимо в таблицю 1.3.

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

$$\Pi_0 = (0,5*0,13*4,32)+(0,5*4,32*291,98)+(0,5*291,98*1814,01)+ \\ +(0,5*1814,01*0,13)=265576,19.$$

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

$$\mu_j = \frac{\Pi_j}{\Pi_0} \quad (2.14)$$

Таблиця 2.5. Критерії технічних засобів для вибору ідеалізованого варіанту складу МТА по методу відстані до цілі.

Варіант	$\frac{I}{W_{z,z,mj}}$	g_{za} , кг/га	E_n , МДж/га	C_{mz} , грн./год	Π_j	μ
1. МТЗ-1221+Polaris-4	0,27	5,65	373,57	1814,01	340130,8	1,28
2. ХТЗ-17121+Polaris-8	0,13	4,32	291,98	2972,57	434789,6	1,64
Ідеал	0,13	4,32	291,98	1814,01	265576,2	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: Polaris-4

2.3. Організація виконання технологічного процесу "культивуація"

Марка трактора: МТЗ-1221; с.г. машина: Polaris-4 .

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

1). 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];

$$V_{lim} = 15,00 \text{ .}$$

2). Вибрати питомий тяговий опір при швидкості $V_o = 5 \text{ км/год}$

$$k_{o.m} = 2 \text{ кН/м [3,табл. 3.13] у відповідності із}$$

призначенням машини;

3). 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 агродопустимих швидкостей.

Таблиця 2.6. Тягові параметри трактора.

передача параметри	4	5	6
V_p , км/год	7	9,2	10,9
$P_{т.н}$, кН	17,8	12,2	10,3
$N_{т.max}$, кВт	28,6	31	31,1

$$N_{e.n.}, \text{кВт} = 90 \text{ .}$$

- 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.

$$N_{т.max} = 28,6 \quad V_p = 8 \quad P_{т.н} = 17,8$$

Таблиця 2.7. Технічні характеристики трактора.

Марка	Вага G_{mp} , кН	Передача	Швидкість V_p , км/год	Тягове зусилля $P_{т.н}$, кН
МТЗ-1221	40,2	4	7	17,8

Таблиця 2.8. Технічні характеристики луцильника.

Марка	Вага G_m , кН	Ширина захвату B_m , м	Інтервал швидкостей V_{im} , км/год
Polaris-4	21,95	4	12

Розрахувати питомий тяговий опір робочих машин.

$$k_{v..m} = k_{o..m} \xi_k \left(1 + \frac{\Delta k}{100} \right) \left[1 + \frac{\Delta C}{100} (V_p - V_o) \right], \quad (2.2.1)$$

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

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

ΔC — приріст питомого тягового опору машини при збільшенні швидкості руху агрегату на 1 км/год, % [3, табл. 3.16]; $\Delta C = 4$

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. 2.10). Величина відхилення вологості (ΔW) визначається при порівнянні значення вологості ґрунту (W), яка задана в вихідних даних, і оптимальної (W_{opt}).

Для заданих ґрунтів: $\Delta k = 4$ %; $k_{vm} = 2,25$.

Розрахувати робочий опір агрегату, кН:

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

$$R_a = k_{vm} \cdot b_k + G_m \cdot (f_{mp} \pm \sin \alpha)$$

(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. $\lambda_q = 0,4$

f_{mp} – коефіцієнт опору кочення трактора [3, табл. 3.9], $f_{mp} = 0,18$
на підйом:

$$R_a = 2,2464 \cdot 4 + 40,2 \cdot (0,18 + \sin 1^\circ) = 16,92;$$

на спуск:

$$R_a = 2,2464*4 + 40,2*(0,18 - \sin 1^\circ) = 14,53.$$

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

$$\xi_p = \frac{R_a}{P_{Тн} \pm G_{mp} \sin \alpha}, \quad (2.2.2)$$

на підйом: $\xi_\delta = 16,92 / (17,8 - 40,2 * \sin 1^\circ) = 0,99;$

на спуск: $\xi_\delta = 14,53 / (17,8 + 40,2 * \sin 1^\circ) = 0,79.$ **допустимо**

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 Polaris-4 , який виконує технологічну операцію

на 4 передачі,
 $V_p = 7$ (рух на підйом) і
на 4 передачі,
 $V_p = 7$ (рух на спуск),

конструктивна ширина захвату $B_k = b_{кор} \cdot n_{кор} = 4$ м.

Фактична потужність двигуна, яка витрачається в конкретних заданих умовах.

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

Фактичну потужність двигуна в процесі культивації визначають:

$$N_{\phi p} = \frac{P_{руш} V_p}{3,6 \eta_{mp} \eta_\delta} \quad (2.2.3)$$

$$N_{\phi p} = (24,86 * 7) / (3,6 * 0,9 * 0,9) = 59,68;$$

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

$P_{руш}$ – рушійна сила, кН;

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

$$P_{руш} = 40,2 \cdot (0,18 + \sin 1^\circ) + 16,92 = 24,86;$$

η_δ – коефіцієнт, що враховує втрати на подолання буксування трактора, %;

$$\eta_\delta = \left(1 - \frac{\delta}{100}\right) \quad (2.2.4)$$

δ - буксування на вибраній передачі, %; (із тягової характеристики [3, табл. 3.11]) $\delta = 10$

$$\eta_\delta = (1 - (10/100)) = 0,9.$$

Ступінь використання ефективної потужності двигуна:

$$\xi_N = \frac{N_{фр}}{N_{ен}}, \quad (2.2.5)$$

Коефіцієнт ξ_N розраховуємо для зазначених вище режимів роботи агрегату:

$$\xi_{Nфр} = 59,68/90 = 0,66.$$

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

площа $F = 100,0$ га; $L = 1000$ м; $C = 1000$ м.

Визначити ширину загінки, м:

$$C_{онт} = \sqrt{16R_n^2 + 2B_p L_p}, \quad (2.2.6)$$

де: L_p – довжина робочої частини гону, м.

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

$$L_p = L - 2E_p \quad (2.2.7)$$

де: L – довжина гону (поля), м; $L_p = 1000 - (2 \cdot 19,2) = 961,6$.

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]:

$$E_{min} = h + d_k + e, \quad (2.2.8)$$

$$E_{min} = 13,0592 + 2,4 + 4,233 = 19,69;$$

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

$$h = \lambda_E \cdot R_n \quad (2.2.9)$$

$$h = 2,8 * 4,664 = 13,06;$$

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:

$$R_n = a_R \cdot R_{no}, \quad (2.2.10)$$

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

$V_n = 5$ км/год [3, табл. 5.4];

$$R_{no} = 4,4$$

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

при $V_n = 7$

маємо $a_R = 1,06$

; $R_n = 4,66$

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

$$d_k = v_E \cdot B_k \quad (2.2.11)$$

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).

$$B_k = 4$$

$$d_k = 0,6 \cdot 4 = 2,4.$$

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

$$e = a_e \cdot l_a \quad (2.2.12)$$

$$e = 0,6 \cdot 7,055 = 4,23;$$

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: $a_e = 0,6$

$$l_a = l_{mp} + l_m + l_{д.м} \quad (2.2.13)$$

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

$$l_{mp} = 1,3 \quad l_m = 5,755 \quad l_{д.м} = 0$$

$$l_a = 1,3 + 5,755 + 0 = 7,06.$$

Рациональна 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):

$$E_p = n_\phi \cdot B_p, \quad (2.2.14)$$

де: B_p – робоча ширина захвату агрегату, м:

$$B_p = B_k \cdot \beta \quad (2.2.15)$$

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

$$B_p = 4 \cdot 0,96 = 3,84;$$

n_{ϕ} - фактичне число проходів агрегату для обробки поворотної смуги:

$$n_{\phi} \geq \frac{E_{min}}{B_p}, \quad (2.2.16)$$

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.

$$n_{\phi} = 19,6922/3,84=5;$$

$$L_p = 961,6;$$

$$E_p = 5*3,84=19,2;$$

$$C_{opt} = \sqrt{16*(4,664^2)+2*3,84*961,6}=87,94.$$

Рациональна ширина заїмки повинна бути кратна подвійній ширині захвату агрегату:

$$C_p = n_{кр} \cdot 2B_p, \quad (2.2.17)$$

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

$$n_{кр} = \frac{C_{opt}}{2B_p}; \quad (2.2.18)$$

(результат округлити до цілого меншого числа)

$$n_{кр} = 87,94/(2*3,84)=11;$$

$$C_p = 11*(2*3,84)=88.$$

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 луценні петлевим способом із чередуванням заїнок всклад і врозгін:

$$\varphi = \frac{L_p}{L_p + 0,5C_p + \frac{4R_n}{C_p}(2R_n - B_p) + R_n + 2e} \quad (2.2.19)$$

- при луценні обертовим способом:

$$\varphi = \frac{L_p}{L_p + 0,5C_p + R_n + 2e} \quad (2.2.20)$$

- при луценні безпетлевим комбінованим способом:

$$\varphi = \frac{L_p}{L_p + 6R_n + 2e} \quad (2.2.21)$$

$$\varphi = 961,6 / (961,6 + 6 * 4,664 + 2 * 4,233) = 0,96;$$

Виконати розрахунки режиму роботи агрегату.

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

$$T_P = \tau_{рух} (T_{зм} - T_{зуп}), \quad (2.2.22)$$

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

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

$$T_{обс} = 0,08$$

Час, затрачений на зупинки для технологічного обслуговування, год:

$$T_{зуп} = T_{обс} + T_{воп} \quad (2.2.23)$$

$$T_{зуп} = 0,08 + 0,336 = 0,42;$$

$$T_P = 0,96 * (7 - 0,416) = 6,34.$$

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

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

$$V_{нов} = 7$$

При $V_p \neq V_{нов}$ маємо:

$$\tau_{рух} = \frac{k\varphi}{(k-1) \cdot \varphi + 1} \quad (2.2.24)$$

$$\tau_{зм} = \frac{T_p}{T_{зм}} \quad (2.2.25)$$

$$\tau_{зм} = 6,34/7=0,91.$$

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

$$W_{зм} = 0,1B_p V_p \tau_{зм}, \quad (2.2.26)$$

$$W_{зм} = 0,1*3,84*7*0,91=2,44.$$

Визначити виробіток агрегату за зміну, га:

$$W_{зм} = W_{зм} \cdot T_{зм} \quad (2.2.27)$$

$$W_{зм} = 2,44*7=17,05.$$

Виконати розрахунки по визначенню експлуатаційних витрат.

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

$$g_{за} = \frac{G_{Tp} T_p + G_{Tx} T_{нов} + G_{Tзун} T_{зун}}{T_{зм} W_{зм}}, \quad (2.2.28)$$

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

$$G_{Tp} = 12 \quad G_{Tx} = 6 \quad G_{Tзун} = 1,4$$

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

Час, затрачений на повороти, год:

$$T_{нов} = \tau_{нов} \cdot T_p, \quad (2.2.29)$$

$$\tau_{нов} = 0,04*6,34=0,25;$$

$$T_{нов} = 0,25*6,34=1,61;$$

$$g_{за} = (12*6,34+6*1,61+1,4*0,416)/(7*2,44)=5,06.$$

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

$$Z_{n.za} = \frac{m}{W_{зм}}, \quad (2.2.30)$$

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

$$Z_{n.za} = 1/2,44=0,41.$$

Розрахувати прямі витрати енергії палива, Дж/га:

$$A_n = H_n \cdot g_{za} \quad (2.2.31)$$

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 – $4,29 \cdot 10^7$). $H_n = 4,166 \cdot 10^7$;

$$A_n = 4,166 \cdot 5,06 = 21,1 \cdot 10^7.$$

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_{za} , Га	$Z_{n.za}$, ЛЮД год/Га	A_n , Дж/кг
2,44	5,06	0,41	$21 \cdot 10^7$

3 КОНСТРУКТОРСЬКА РОЗРОБКА. ПРИСТРІЙ ДЛЯ ПЕРЕДПОСІВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

3.1 Необхідність застосування пристрою

Після осіннього основного обробітку, з настанням весняного періоду, на полях можна помітити такі характерні проблеми: на краях загінок утворюються глибокі борозни, а різниця у висоті між гребенями й заглибленнями перевищує допустимі норми агрономог. Це обумовлено обробітком ґрунту при надмірному зволоженні, що призводить до формування великої кількості щільних грудок і брил на поверхні. Такі умови негативно позначаються на сівбі всіх культур, зокрема кукурудзи, яку висівають широкорядним пунктирним способом. Через значні нерівності, зокрема глибокі борозни, насіння може залишатися не загорнутим у ґрунт. Крім того, при наявності грудок сівалки працюють нестабільно: висівні механізми забиваються, виникають пропуски, а також зростає ефект "галопування".

Запропоноване нами конструкційне удосконалення культиваторної стійки агрегату, призначеного для передпосівного обробітку, спрямоване на покращення показників вирівняності поверхні поля, забезпечення рівномірної структури ґрунту та ефективного знищення бур'янів.

3.2 Будова і робота пристрою

Сільськогосподарські машини, зокрема польові культиватори, відзначаються широким спектром конструкцій робочих елементів, які забезпечують розпушування землі та формування борозен і гребенів на її поверхні. У процесі обробітку поля може виникати проблема заповнення простору між цими елементами значною кількістю твердих грудок, залишками рослин і зеленою масою бур'янів. Розміри грудок, їх кількість, а також обсяг рослинного матеріалу значною мірою визначаються специфічними властивостями ґрунту — його типом, рівнем вологості та щільністю окремих горизонтів.

Ми пропонуємо використовувати пружинні зубці, встановлені на гнучких стійках S-подібної форми. Ці додаткові елементи сприяють кращому подрібненню грудкуватої маси, яка переміщується від стрілчастих лап, забезпечують ефективніше вирівнювання земної поверхні та покращують боротьбу з бур'янами.

Завдяки нахиленому розташуванню до ґрунту, пружинні зуби виконують вібраційні та коливальні рухи, що сприяє полегшенню дроблення твердих фракцій. Така інтегрована механічна дія створює імпульсні навантаження, які передаються в щільні ділянки ґрунту, посилюючи їх руйнування.

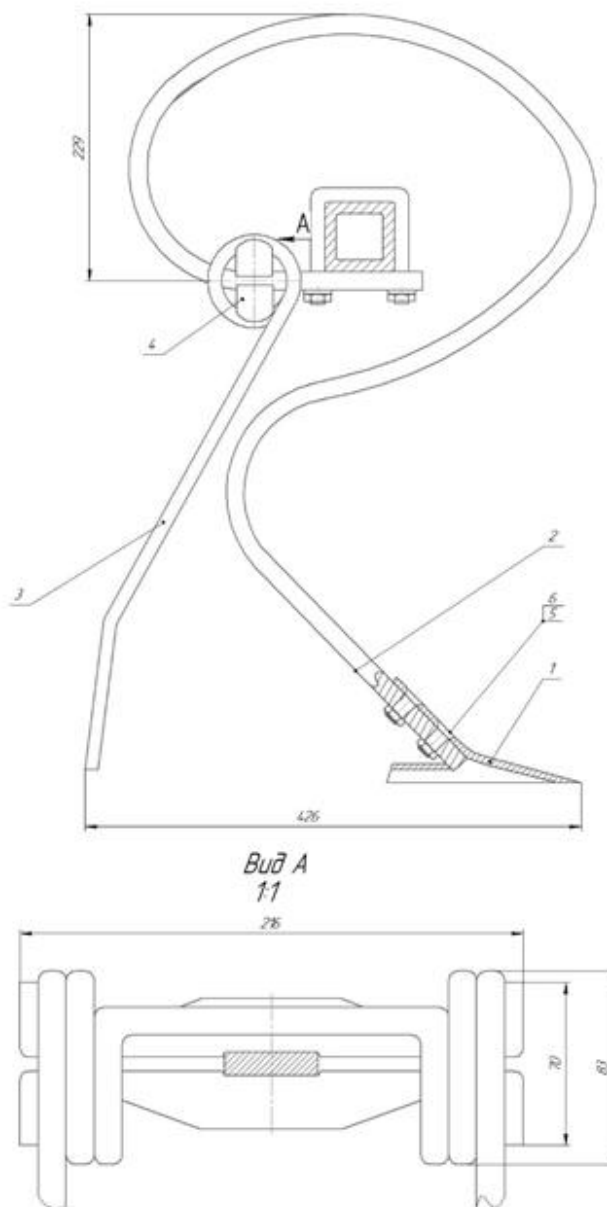


Рис. 3.1. Загальний вигляд удосконаленої стійки.

1 – лапа, 2 – стійка, 3 – пружинний зуб, 4 – кріпильні планки.

У складі пропанованої конструкції передбачено вузол кріплення, який виконано як пару затискних елементів, змонтованих на кожній пружній стійці за допомогою болтів і гайок. Кожен із затискних елементів має по два кінці з западинами, призначеними для монтажу спіральної частини пружин, що утворюють зубці. Поперечний елемент зв'язує витки пружинного зуба між собою та взаємодіє зі стійкою, запобігаючи її обертанню.

Механізм фіксації є багатофункціональним, що дозволяє встановлювати його на різноманітні опори культиваторів. Застосування такої конфігурації робочих частин дає змогу ефективно розпушувати ґрунт, переміщений лапами агрегату, і водночас вирівнювати його верхній шар. У процесі роботи зуби витягують із землі залишки рослин — кореневища та стебла.

3.3 Інженерні розрахунки

Розрахунок болтів на зрізання

Стойка знаходиться під дією двох сил: $P_1 = 10\text{кН}$ та $P_2 = 3,22\text{кН}$ при розпушенні. Розраховується тяговий опір стрілкової лапи за формулою: [3]

$$R_l = K_{nut} \cdot b_l \quad (3.1)$$

де K_{nut} – питомий опір ґрунту, кН/м;

b_l – ширина захвату плоскоріжучої лапи, м.

$$R_l = 2,8 \cdot 1,15 = 3,22\text{кН}$$

Зусилля P_1 діє з плечем 900мм від центрів болтів, P_2 з плечем 540мм.

$$l_1 = 900\text{мм}, R_1 = 10\text{кН},$$

$$l_2 = 540\text{мм}, R_2 = 3,22\text{кН}.$$

Проводимо розрахунки:

Запишемо рівняння моментів сил відносно т. В.

$$\sum M = 0$$
$$\sum P_1 \cdot l_1 + P_2 \cdot l_2 - 2R_A \cdot Q \quad (3.2)$$

Тоді: $2R_A \cdot Q = P_1 \cdot l_1 + P_2 \cdot l_2$

$$R_A = \frac{P_1 \cdot l_1 + P_2 \cdot l_2}{2 \cdot Q}$$

$$R_A = \frac{900 \cdot 10 + 3.22 \cdot 540}{2 \cdot 100} = 53.7 \text{кН}$$

Допустима площа поперечного перерізу болта:

$$F = \left[\frac{R_A}{[\tau_{cp}]} \right] \quad (3.4)$$

де $[\tau_{cp}] = 1400 \text{кН} / \text{см}^2$ – допустиме напруження при зрізі для сталі 3.

$$F = \frac{5370}{1400} = 3.83 \text{см}^2$$

Звідси отримуємо діаметр болтів:

$$D = \sqrt{\frac{4F}{\pi}} \quad (3.5)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 3.83}{3.14}} = 1.21 \text{см}$$

Діаметри болтів на стійці дорівнюють 14 мм. Отже вони повністю підходять для наших навантажень і підсилення не потребують.

4 ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

Для визначення економічного ефекту від запропонованих у нашому проєкті інноваційних рішень було проведено детальні розрахунки приведених витрат на впровадження двох варіантів технологій вирощування соняшнику. Порівнянню піддавалися існуюча технологія, яка застосовувалася в попередні роки, та вдосконалена нами технологія, розроблена з урахуванням сучасних агротехнічних підходів і інновацій. Проведений аналіз дозволив оцінити економічну доцільність впровадження покращеної технології та її потенціал для підвищення ефективності виробництва, зменшення витрат і збільшення урожайності соняшнику в реальних умовах господарювання. Такий підхід забезпечує обґрунтовані рекомендації для аграрних підприємств щодо оптимізації технологічних процесів.

Таблиця 4.1

Розрахункові дані ефективності виробництва соняшнику

Показники	Існуюча технологія	Пропонована технологія
1. Балансова вартість машини (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 поточний ремонт і технічне обслуговування ($П_P$), 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.	2400	2500
14. Вартість насіння (B_H), грн.	43200	45000
15. Кількість протруйних засобів, л.	55	55
16. Ціна 1 л, грн.	83,12	83,12
17. Витрати на засоби захисту ($B_{ЗАХ}$), грн.	4571,6	4571,6
18. Витрати на інсектициди та фунгіциди (децис 0,03 кг/га, імпакт 0,3 кг/га)	8011,32	7461
19. Транспортні витрати ($B_{ТР}$) грн.	3672	4331
20. Витрати на електроенергію (B_E), (12,54 ·1,52)	398,28	398,28
21. Сума прямих виробничих витрат без амортизації (ПВВ), ($ПВВ=З+П_P+C+B_M+B_H+B_{ЗАХ}+B_{ТР}+B_{ЕЛ}$), грн.	1606017,03	1829944,99
22. Орендна плата за землю (B_O), грн.	30000	30000
23. Страхові платежі ($B_{СП}$), грн. ($B_{СП} = ПВВ \cdot 0,07$)	112421,19	128096,15
24. Інші прямі витрати ($B_{Ін} = ПВВ \cdot 0,10$)	160601,70	182994,5
25. Загальновиробничі витрати ($B_{ЗАГ}$), грн. ($B_{ЗАГ} = ПВВ \cdot 0,05$)	80300,85	91497,25
26. Всього виробничих витрат (ВВ), грн. ($ВВ = ПВВ + B_O + B_{СП} + B_{Ін} + B_{ЗАГ} + A$)	2022987,57	2291527,89
в т. ч. на 1 га посіву	20229,88	22915,28
на 1 ц продукції	1011,49	996,32

Розрахункові дані ефективності виробництва соняшнику

Показники	Існуюча технологія	Пропонована технологія	Відхилення, %
1. Площа посіву, га	100	100	0
2. Урожайність, ц/га.	20	23	15
3. Валовий збір зерна, т	200	230	15
4. Виробничі витрати, тис. грн.	2022,99	2291,53	13,34
5. Собівартість 1 центнера зерна, грн.	1011,49	996,32	-1,5
6. Ціна продукції, грн./ц.	1400,0	1400,0	0
7. Вартість продукції, тис. грн.	2800000	3220000	15
8. Умовний прибуток, тис. грн.	777,012	928,472	19,5
9. Додаткова сума прибутку, тис. грн.		151,46	

Висновок: розрахунки свідчать, що в господарстві втілення новітньої технології вирощування соняшнику забезпечує збільшення обсягу виробництва продукції на 15%, при зменшенні собівартості 1 ц зерна на 1,5 %, з площі в 100 га підприємство отримує додаткову суму прибутку в 155,46 тис. грн.

ВИСНОВКИ

Проведено аналіз агротехнічних вимог до підготовки ґрунту під посів соняшнику в умовах ТОВ «Маяк», що дозволило визначити оптимальні показники обробітку ґрунту.

Вибрано склад машинного агрегату, який найкраще відповідає технологічним особливостям господарства та забезпечує якісну підготовку ґрунту з урахуванням типу ґрунтів Охтирського району.

Запропонований агрегат включає в себе культиватор для вирівнювання поверхні та коток для ущільнення ґрунту, що забезпечує оптимальні умови для проростання насіння соняшнику.

Проведено техніко-економічне обґрунтування використання обраного агрегату, яке показало підвищення ефективності підготовки ґрунту та зниження енерговитрат у порівнянні з існуючими методами.

Результати дослідження можуть бути рекомендовані для впровадження в ТОВ «Маяк» з метою підвищення продуктивності та якості посіву соняшнику.

Розроблені заходи дозволять зменшити собівартість на 1,5% при зростанні обсягів виробництва соняшнику на 15%. Додаткова сума прибутку для площі посівів 100 га складе 155,46 тис. грн.

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/poverhnevyy-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-vysokikh-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., Vacenetti, 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