НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко-технологічний факультет

Кафедра сільськогосподарських машин
та системотехніки ім. акад. П.М. Василенка

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

сільськогосподарських машин

та системотехніки

ім. акад. П.М. Василенка

_____ Гуменюк Ю. О.

«___»_____2026 р.

ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ БАКАЛАВРА

на тему: «Механізація вирощування кукурудзи на силос з удосконаленням конструкції сівалки»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

Гарант освітньої програми
д.т.н., професор _____ **Вячеслав Братішко**
(Підпис)

Керівник дипломного проекту бакалавра
к. т. н., доцент _____ **Юрій Гуменюк**
(Підпис)

Виконав: _____ **Богдан Майстренко**
(Підпис)

Київ – 2026

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
Факультет механіко-технологічний

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри сільськогосподарських машин
та системотехніки ім. акад. П.М. Василенка
_____к.т.н., доц._____ Гуменюк Ю.О.
(науковий ступінь, вчене звання) (Підпис) (ПІБ)
«20» лютого 2026 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання дипломного проекту бакалавра студенту
_____Майстренку Богдану Андрійовичу_____
(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 208 «Агроінженерія
(код і назва)

Тема дипломного проекту бакалавра «Механізація вирощування кукурудзи на силос з удосконаленням конструкції сівалки» затверджена наказом ректора НУБіП України від «1» червня 2026р. № 1612 «С»
Термін подання завершеної роботи на кафедру_____
(рік, місяць, число)

Вихідні дані до дипломного проекту бакалавра: Нормативно-технічні документи, інструкції з експлуатації сівалки, ширина захвату – 5,6 м, робоча швидкість – 2,5-9 км/год, наукова література; матеріали з мережі інтернет

Перелік питань, котрі потрібно розробити:
1. Огляд технології вирощування кукурудзи._____
2. Огляд технічних засобів посіву кукурудзи._____
3. Обґрунтування конструкції та розрахунок параметрів удосконаленої сівалки.
4. Заходи з охорони праці та охорони навколишнього середовища._____
5. Огляд виробничої діяльності господарства._____
6. Техніко-економічна оцінка ефективності використання удосконаленої машини.

Перелік графічних документів: 1. Технологічна карта вирощування кукурудзи на зерно; 2. Операційна карта на виконання сівби кукурудзи; 3. Загальний вигляд комбінованої сівалки; 4. Складальне креслення робочого органа; 5. Деталювання; 6. Показники економічної ефективності розробки.

Дата видачі завдання ««20» лютого 2026 р.

Керівник дипломного проекту бакалавра _____ Гуменюк Ю.О.
(Підпис) (прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання _____ Майстренко Б.А.
(Підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

Реферат…… 5

Вступ…… 6

Розділ 1. Загальна характеристика виробничо-господарської діяльності ТОВ «САДАГРО» Звенигородського району Черкаської області…… 7

1.1Природно-кліматичні умови та напрямки господарської діяльності підприємства…… 7

1.2 Виробничо-технічна характеристика господарства…….. 8

1.3 Технічна експлуатація машин……. 9

1.4 Зберігання МТП…… 10

1.5 Нафтогосподарство…….. 10

1.6 Показники господарської діяльності та їх аналіз…….. 10

1.7 Висновки до розділу…… 12

Розділ 2. Технологія вирощування кукурудзи…….. 14

2.1 Аналіз комплексу машин для вирощуванні кукурудзи……. 14

2.2 Розробка технологічної карти вирощування кукурудзи…… 18

2.3 Підготовка поля і руху агрегату в загінці…….. 26

2.4 Розрахунок основних показників роботи МТА……. 29

2.5 Визначення оптимального складу агрегату…… 35

Розділ 3. Конструкторська розробка……... 40

3.1 Опис і обґрунтування обраної конструкції…… 40

3.2 Розрахунок агрегату на стійкість…… 42

3.2.1. Визначення коефіцієнта запасу поздовжньої стійкості і навантажень на колеса трактора…… 43

3.2.2 Кінематика базового агрегату……... 45

3.2.3 Кінематика нового агрегату…….. 45

3.4 Розрахунки з комплектування машинно-тракторного агрегату….. 46

3.5 Обґрунтування і інженерний розрахунок конструкції…….. 48

3.5.1 Розрахунок рами на міцність……. 48

3.5.2 Розрахунок зварних з’єднань…… 50

3.5.3 Розрахунок вала на міцність……. 51

Розділ 4. Охорона праці…… 53
4.1 Безпека при використанні машинно-тракторного парку…….. 53
4.2 Безпека проектованого агрегату……. 57
Розділ 5. Техніко-економічне обґрунтування проекту……. 38
Висновки…….…….. 64
Список використаної літератури……..…….. 65
Додатки…….…… 66

РЕФЕРАТ

Дипломний проект: 65 сторінки машинопису, 13 таблиць, 9 посилань та додатків.

Об'єкт розробки – комплекс машин для вирощування та збирання кукурудзи на силос, сівалка комбінована.

Мета роботи: зменшення витрат палива та збільшення продуктивності агрегатів для вирощування та збирання кукурудзи на силос.

У роботі наведено аналіз стану машинно-тракторного парку у ТОВ «СП САДАГРО» та виробничо-технічна характеристика господарства, показники господарської діяльності. Виявлені резерви для покращення показників використання МПТ при виробництві кукурудзи на силос.

Запропоновано конструкцію комбінованої сівалки для сівби кукурудзи, яка дозволяє за один прохід агрегату сумістити декілька операцій (сівба, внесення добрив та внесення гербіцидів). Розроблена операційна карта на виконання посіву. Розраховані основні експлуатаційні показники при виробництві кукурудзи на силос.

Запропоновано заходи з охорони праці при виробництві кукурудзи в господарстві. Наведено техніко-економічну оцінку запропонованої до впровадження технології вирощування кукурудзи на силос.

Ключові слова: *кукурудза на силос, агрегат комбінований, операційна карта, собівартість, витрати палива, витрати праці*

ВСТУП

В даний час в сільськогосподарському виробництві активно впроваджують програмування врожаю, індустріальну технологію виробництва основних культур, колективний підряд в організації праці.

У сформованій обстановці посилюється роль вдосконалення організації використання машинно-тракторного парку та праці механізаторів. Необхідно по новому вирішувати питання проведення всіх сільськогосподарських робіт у встановлені агротехнічні терміни оптимальним складом машинно-тракторного парку при обмеженому числі механізаторів. Особливого значення набуває комплексне вдосконалення організації праці механізаторів, планування технічного обслуговування, зберігання і ремонту машин, а також розвиток ремонтно-обслуговуючої бази.

Для підвищення ефективності використання сучасної сільськогосподарської техніки фахівці повинні знати будову, роботу і основні регулювання сільськогосподарських машин і знарядь, методи підвищення продуктивності та якості роботи техніки в рільництві.

У реалізації найважливіших завдань програми «Горизонт 2030» значне місце відводиться сільському господарству. Обов’язок кожного фахівця агропромислового комплексу забезпечити: охорону ґрунтів, підвищення продуктивності праці і якості роботи, впровадження індустріальної технології обробітку та збирання сільськогосподарських культур, ефективність використання техніки, зниження собівартості всіх видів сільськогосподарської продукції, а також здійснення комплексної механізації сільськогосподарського виробництва.

У дипломному проекті вирішуються питання визначення оптимального складу машинно-тракторного парку для умов ТОВ «САДАГРО» Черкаської обл. Звенигородського району, а також розроблено заходи щодо поліпшення організації його використання.

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВИРОБНИЧО-ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ТОВ «САДАГРО» ЗВЕНИГОРОДСЬКОГО РАЙОНУ ЧЕРКАСЬКОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Природно-кліматичні господарські умови та напрямки господарської діяльності підприємства

ТОВ «САДАГРО» Звенигородського району Черкаської області розташоване в центральній частині України. Господарство зв'язане асфальтною дорогою, яка дає можливість протягом всього року незважаючи на погодні умови регулярно перевозити вантажі, необхідні для роботи господарства. Найближча залізнична станція знаходиться у місті Сміла відстань 60 км. Основним напрямком є виробництво зернових культур, просапних, овочевих.

За даними метеостанції господарство характеризується теплим кліматом. За кількістю ви падаючих опадів та умов випаровування це господарство відноситься до зони з недостатнього зволоження. Середньорічна температура на рівні 14,1С°. Абсолютний максимум на території господарства 35,8 С°, а абсолютний мінімум -22С°. Амплітуда коливань температури свідчить про те, що в окремі роки має місце вигорання посівів або безсніжні зими – вимерзання посівів. Середня тривалість без морозного періоду становить 220 днів. Середньорічна кількість опадів становить – 362 мм, при цьому 72,7% випадає в теплий період року (квітень – жовтень). Найбільша кількість опадів по місяцях припадає на січень, серпень і найменша – травень, червень. Негативними особливостями клімату є сухість повітря та наявність вітрів-суховіїв. Середня річна відносна вологість повітря о 13-й годині за багаторічними даними становлять 70%, а в вегетаційний період (червень) вона знижується до 50%. Рельєф території господарства в основному рівний.

Ґрунти темно-каштанові, за фізико-механічним складом переважають середні суглинисті. Товщина гумусного горизонту цих ґрунтів складає в середньому 30…31 см. Запас вологих форм фосфору, азоту та калію в цих ґрунтах значна. Так в орних ґрунтах фосфору – 0,07%, азоту – 0,188%, калію – 2,40%. Середній розмір поля складає 109 га, питомий тяговий опір ґрунту – 0,85

кг/см^2. ТОВ «САДАГРО» також має напрямок розведення великої рогатої худоби. В господарстві є одна тракторна бригада.

1.2 Виробничо-технічна характеристика господарства

Для розробки інтенсивної технології виробництва сільськогосподарської культури необхідно раціональне з'єднання природних, технологічних, та людських факторів. Один з основних технологічних факторів являється забезпеченість господарства технікою таблиця 1.1.

Таблиця 1.1 - Кількість сільськогосподарських машин

Марка	Кількість, шт.			Залишкова балансова вартість, грн.
	2024	2025	2026	
1	2	3	4	5
Трактори				
ДТ-75М	1	1	1	138600
Т-150	1	1	1	135860
МТЗ-892	1	1	1	134560
ЮМЗ-10254Н	2	2	2	146190
Комбайни				
John Deere 965	1	1	1	214514
Культиватори				
КПС-4	2	2	2	11368
КПЄ-3,8	1	1	1	13164
КРН – 4,2	1	1	1	26586
КРН – 5,6	1	1	1	42384
Плуги				
ПЛН-3-35	1	1	1	12322
ПЛН-4-35	1	1	1	11740
Сівалки				
СЗ-3,6 (ASTRA-3,6)	3	3	3	117323
VEGA-8	2	2	2	121711
Борони				
БЗСС-1,0	15	15	15	2364
БЗТС-1,0	10	10	10	2534
БДТ-3	1	1	1	3470
Катки				
ЗККШ-6	1	1	1	2240

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5
Обприскувачі				
ОП-2000	1	1	1	13871
ОН-400	3	3	3	17209
Кормозбиральні машини				
КПІ-2,4	1	1	1	41618
Зчіпки				
С-11У	1	1	1	12033
Причепи тракторні				
2ППК-4-887	1	1	1	22104
2ПТС-4	8	8	8	28856
Лущильник				
ЛДГ-10	1	1	1	14829
Вантажні автомобілі				
ГАЗ-3307	2	2	2	85192
Легкові автомобілі	1	1	1	63710

Аналізуючи склад та стан МТП господарства необхідно відмітити, що за останні роки парк практично не обновлювався, що привело його до морального та фізичного старіння. Витрачаються великі кошти на відновлення існуючої техніки, які в структурі собівартості основних культур займають від 30 до 85%.

1.3 Технічна експлуатація МТП

Для технічного обслуговування створена інженерна служба в якій є інженер по МТП та майстер-наладчик та два слюсарі наладчика, техперсонал РММ (ремонтно-механічна майстерня). В господарстві ТО проводиться за старою системою: видаються лімітні книжки, заправник ПММ відмічає забір палива та виходячи з цього відірваного талону проводяться ТО-1, ТО-2, та інше. Для оперативного ремонту під час польових робіт використовується «Техдопомога» на базі автомобіля ГАЗ-3307 та причіпний зварювальний апарат (електро-газозварювання).

Для поточних та капітальних ремонтів використовується графік затверджений головним інженером. Після виходу з ПР або КР трактори та інші машини випробуються, складається акт прийому з ремонту, де вказані замітки та

інші дефекти. Акт підписують: інженер по ЕМТП, завідуючий ЦРМ та механізатори.

1.4 Зберігання МТП

Після закінчення польових робіт уся сільськогосподарська техніка ставиться на зимове зберігання. Розвантажується гума, білиться крейдою із казеїном, демонтується ремені, ланцюги усі різьбові з'єднання, різальні апарати покриваються бітумним розчином. Для виробництва цих робіт робиться наказ, а після постановки техніці на зберігання робиться акт про зберігання, де відповідальними особами вказуються керівники та механіки дільниць. У актах вказуються недоліки та терміни їх усунення. Акт затверджується головним інженером.

1.5 Нафтогосподарство

Від правильної організації та відповідного технічного оснащення нафтогосподарства в значній мірі залежить надійність довговічність та економічність роботи машини. У ТОВ «САДАГРО» знаходяться один центральний пункт.

Технічний стан нафтогосподарства задовільний. Заправні колонки є тільки на бензин та дизельне паливо, масло відпускається шляхом наливу з бочок у відра. Облік масла ведеться на око, облік бензину та дизельного палива ведеться згідно лічильників на паливо заправних колонках. Територія нафтогосподарства огороджена.

Для покращення роботи нафтогосподарства необхідно ввести суворий контроль за відпуском нафтопродуктів, встановити колонки для заправки тракторів мастилами, а також поставити на підвищені бак з водою для системи охолодження.

1.6 Показники господарської діяльності та їх аналіз

Показники господарчої діяльності рослинництва в ТОВ «САДАГРО» зведені у таблиці 1.2, 1.3.

Таблиця 1.2 - Структура посівних площ

Найменування	2024 рік		2025 рік		2026 рік	
	га	Питома вага %	га	Питома вага %	га	Питома вага %
Усього землі	1718	100	1718	100	1718	100
У т. ч. с.-г. угідь	1666	97	1666	97	1666	97
Ріллі:	1666	97	1666	97	1666	97
-у т. ч. зернові, всього	1376	80	1396	81,3	1346	78,3
-у т. ч. оз. пшениця	407	23,7	610	35,5	541	31,5
- ячмінь	20	1,2	50	2,9	-	-
- овес	102	5,9	50	2,9	61	3,6
- соняшник	360	20,1	300	17,5	287	16,7
- кукурудза	400	23,3	386	22,5	419	24,4
Овочі, всього:	290	17	270	15,6	169	18,7
- цукровий буряк	290	17	270	15,6	320	18,7

Таблиця 1.3 - Урожайність основних культур

Найменування	Врожайність, ц/га		
	2023 рік	2024 рік	2025 рік
Зернові, всього	39,9	46	47,3
- у т. ч: оз. пшениця	23,8	29,3	30,0
- ячмінь	34,1	32,3	-
- овес	31,2	36	16
- кукурудза	85,7	87	96,4
Технічні, всього	58,4	68,5	45,9
- соняшник	30,7	30,1	26,5
- цукровий буряк	126	107	98
Всього по господарству	49,15	57,3	46,6

З таблиці 1.3 видно, що по зернових культурах за три роки є збільшення середньої врожайності за рахунок збільшення врожайності кукурудзи, а ось по технічних культурах, спостерігаємо зниження, що веде до зниження врожайності по підприємству. Аналіз техніко-економічних показників за останні роки, свідчить, що усі показники вирощування та збирання механізовані за виключенням навантажувально-розвантажувальних робіт. Рівень механізації - 82%. Основні показники зводимо в таблицю 1.4.

Таблиця 1.4 - Техніко-економічні показники вирощування та збирання кукурудзи.

Показники	Роки			Середнє за три роки
	2023	2024	2025	
Площа, га	400	386	419	401,66
Врожайність, ц/га	80,57	80,7	90,64	83,97
Валовий збір, ц.	32228	31150,2	37978,2	33785,45
Витрати праці, люд.год:				
на 1 га.	21,2	23,8	21,9	22,3
на 1 т.	11,9	12,4	12,3	12,2
Собівартість, грн./т.	1510,3	1598,2	1620,2	1576,23
Рівень механізації, %.	82	82	82	82
Щільність механізації робіт.	3,32	4,2	3,95	3,82
Витрати палива кг/га	122,2	129,5	128,5	126,7

Як бачимо з таблиці 1.4. при недостатньому внесенні добрів та застарілому МТП, порушень при обробці ґрунту спостерігається недостатня врожайність кукурудзи.

Для підвищення врожайності кукурудзи та зменшення собівартості необхідно:

- підвищити врожайність до 100 ц/га за рахунок сівби районованих гібридів, ефективне використання матеріальних та технічних засобів;

- підвищення кваліфікації механізаторів;

-вдосконалення технологічних процесів вирощування кукурудзи;

- підвищити трудову та технологічну дисципліну.

Наведені приклади показують, що маємо достатні можливості для значного підвищення врожайності кукурудзи.

1.7 Висновки до розділу

Аналізуючи виробничо-господарську діяльність ТОВ «САДАГРО» за останні три роки видно, що в господарстві спостерігається:

1. Нераціональне комплектування агрегатів, а це приводить до невірного використання потужностей, що в свою чергу веде до великих витрат праці, отримана продукція більш високої собівартості.

2. Не вчасно проводяться періодичні технічні обслуговування. Що в свою чергу призводить до порушення термінів виконання робіт.

3. В зв’язку з важким економічним положенням у сільському господарстві не завжди вносяться органічні та мінеральні добрива у повному обсязі.

4. При вирощуванні та збиранні сільськогосподарських культур були виявлені порушення у технології їх вирощуванні.

Для усунення недоліків господарству рекомендується:

1. Підібрати таку систему машин, яка забезпечила б високу продуктивність, використовуючи з енергонасиченими тракторами широкозахватних агрегатів:

2. Використовувати передовий досвід по вирощуванню і збиранню кукурудзи, використовувати тільки районовані гібриди при сівбі, дотримуватися технології оброблення ґрунту гербіцидами.

Господарство має ряд резервів для підвищення врожайності і зниження собівартості продукції. З цією метою в проекті необхідно вирішити питання раціонального комплектування агрегатів, розробити технологію вирощування і збирання кукурудзи. З метою зниження витрат праці впровадити в господарстві інтенсивну технологію кукурудзи.

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА КУКУРУДЗИ

2.1 Аналіз комплексу машин для вирощування кукурудзи

Розглянемо комплекс машин, що використовується для вирощування кукурудзи. Пропонована технологія вирощування кукурудзи і комплекс машин, який при цьому використовується наведені в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 - Пропонована технологія вирощування кукурудзи і комплекс машин у ТОВ «САДАГРО»

Вид роботи	Склад агрегату		Приблизні терміни проведення операцій	Агротехнічні вимоги	Прим.
	трактори	СГМ			
1	2	3	4	5	6
Лущення стерні	Т-150 ДТ-75 Т-150К	ЛДГ-15 ЛДГ-20 БДТ-7	Одночасно або слідом за збиранням	Глибина 6-8 ±2см. Повторно 2 рази по мірі відростання бур'янів. Підрізання бур'янів 100%, гребнистість 3-5см.	
Хімічне видалення багаторічних бур’янів (за потребою)	МТЗ-892	ОВТ-1В ОВТ-400	Після збирання попередника	2,4-Диамінна сіль – 2кг/га	В’юнок, латук, осот
Внесення мінеральних добрив	МТЗ-892	РУМ-5 1РМГ-4	фосфорно-калійні восени, азотні - навесні	Рівномірність розподілу ± 15-20%. Під запланований врожай. Відхилення від норми ± 10%, перекриття проходів ± 6%	

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6
Оранка	Т-150К	ПЛН-5,35+ БЗТС1,0; ППЛ-6,35+ БЗТС-1,0	вересень-жовтень, клас ґрунту II (0,36-0,41 кг/см^2)	Глибина 27-30 ± 2см, загортання рослинних залишків 95%, грудок розміром більше10см не більше 5-10шт на 1м^2	
Сніго-затримання	ДТ-75М	СВУ-2,6	Спосіб руху човниковий, швидкість руху 6-10 км/год.	Товщина захисного шару снігу - не менше 5см. Валок має не забруднений ґрунтом і пожнивними залишками. Висота його має бути в 2-3 рази більше товщини сніжного покриву. Відхилення відстаней між валками не більше ± 10%.	
Весняне боронування зябу	ДТ-75М	СГ-21+ БЗТС-1,0	При настанні стиглості ґрунту, початок квітня (див. по погоді)	У 1-2 сліди по діагоналі поля	
Вирівнюван--ня ґрунту	ДТ-75М Т-150	ВП-8	Після весняного боронування	Під кутом 45º до напрямку оранки	

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6
Передпосівна культивація з боронуван-ням	ДТ-75 Т-150	ПОМ-630 на агрегаті СП -11+ КПС-4+ БЗСС-1,0	Безпосередньо перед посівом	Глибина культивації для сортів 6-8 ± 2см, для гібридів 5-6 ± 2см, підрізання бур'янів 100%, гребнистість не більше 3-4 см. Грудок Ø5см не більше 3-5 шт на 1м2. Ширина перекриттів при внесенні гербіцидів не більше 10-15см, відхилення від норми витрати препарату 3-5%, різниця у витраті рідини розпилюва-чами 5%	
Посів з внесенням мінеральних добрив	ДТ-75 МТЗ-892	VEGA-8 СКПП-12 СПЧ-4МФ «Беккер» та ін. з боронами і шлейфами	Після посіву ранніх ярових. Стале прогрівання ґрунту посівного шару (5-10см) до 10-120	Пунктирний на глибину для сортів 5-6 см, для гібридів 4-5см. Міжряддя 70±5см. Норма висіву 5-8кг/га.	

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6
				Відхилення від заданої норми ±5-10%. Швидкість руху агрегату – 6-8км/год. Насіння протруюють ТМТД або фентіурамом (2-3кг/т).	
Боронування	ДТ-75	СГ-21 + БЗСС-1,0	Досходове через 5-6 днів після посіву. Післясходове у фазі 1-3 листків	Швидкість руху агрегату при до сходовому боронуванні 5-6, після сходовому боронуванні – 4-5км/год, глибина обробки 5-6см	При внесенні гербіцидів переважно досходове боронування
Перша Культивація міжрядь	МТЗ-892	КРН-5,6	Перша при появі сходів, друга і третя при появі бур'янів.	Відхилення від заданої глибини обробки ± 1-2см Застосування ротаційних дисків, просапних борінок	
Друга культивація міжрядь	МТЗ-892	КРН-5, 6 з	-//-	Захисні зони не більше 5-7см	

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6
Обробка інсектици-дами	МТЗ-892	ОП-2000-2-01	Після сходів (6-8 листків), при масовій появі шкідників	Проти піщаного і кукурудзяного мідляків, степового коника та інших шкідників	
Збирання врожаю	John Deere 965			Чистота насіння не менше 95%, втрати насіння не більше 2% вільним насінням не більше 1,5%, від недомолоту не більше 1%, дроблення насіння не більше 2%.	

2.2 Розробка технологічної карти вирощування кукурудзи

Технологічна карта є основним документом і складається агрономічною службою господарства. Розробку та складання технологічної карти по вирощуванні та збиранні прийнятої в дипломному проекті культури рекомендується проводити з використанням прийомів і елементів індустріальних та інтенсивних технологій по вирощуванню цієї культури.

При складанні технологічної карти слід використовувати, перш за все, типові перспективні технологічні карти на обробіток сільськогосподарських культур в даній зоні [2]. Можна використовувати наявні в господарстві технологічні карти.

Форми таблиці, у вигляді якої оформляється технологічна карта, відрізняються (у різних джерелах) незначно. Основні графи технологічної карти наступні:

- графа 1 «Найменування сільськогосподарських робіт»;
- графа 2 «Одиниці виміру»;
- графа 3 «Обсяг робіт» (у фізичних і в умовних величинах);
- графа 4 «Код операції»;
- графа 5 «Календарні дні» (агротехнічні терміни);
- графа 6 «Кількість днів» (агротехнічні терміни) ;
- графа 7 «Тривалість зміни»;
- графа 8 «Кількість змін за день»;
- графа 9 «Марка трактора» (склад агрегату);
- графа 10 «Марка зчіпки» (склад агрегату);
- графа 11 «Марка сільськогосподарської машини» (склад агрегату);
- графа 12 «Кількість машин в агрегаті» (склад агрегату) ;
- графа 13 «Основний обслуговуючий персонал» ;
- графа 14 «Допоміжний обслуговуючий персонал»;
- графа 15 «Виробіток агрегату за зміну»;
- графа 16 «Виробіток агрегату за день»;
- графа 17 «Виробіток агрегати за агрострок»;
- графа 18 «Затрати праці» (основний і допоміжний персонал);
- графа 19 «Витрати палива на одиницю роботи»;
- графа 20 «Витрати палива на весь об'єм»;
- графа 21 «Вартість палива на весь об'єм робіт»;
- графа 22 «кількість потрібних тракторів»;
- графа 23 «кількість потрібних сільськогосподарських машин»;
- графа 24 «кількість потрібних основних робітників» ;
- графа 25 «кількість потрібних допоміжних робітників»;
- графа 26 «Число нормо змін»;
- графа 27 «Коефіцієнт переводу фізичних тракторів в умовні еталонні»;

- графа 28 «Обсяг робіт в умовних еталонних гектарах».

Розглянемо технологічну карту на обробіток кукурудзи. Для прикладу розрахунок проведемо за однією технологічною операцією - міжрядною обробкою.

У графі 1 «Найменування робіт» в хронологічному порядку записують всі роботи, які повинні бути виконані по цій культурі у відповідності з технологією. Однорідні роботи, що виконуються при обробітку культури, у різні терміни, записують роздільно. У нашому прикладі - це культивація міжрядь.

У графі 2 «Одиниці виміру» вказують одиниці виміру кожної операції в гектарах, тонно-кілометрах, тонах, кубічних і погонних метрах або іншому вимірі на всю розрахункову площу. Для транспортних робіт вказують середню відстань перевезення вантажів.

У графу 3 «Обсяг робіт» проставляють кількість виконуваної роботи Ω по кожній операції.

$$\Omega = 400 \text{ га} \tag{2.1}$$

При плануванні в господарствах зазвичай користуються також показниками обсягу механізованих робіт в гектарах умовної оранки. Для переводу обсягу різних видів робіт у гектари умовної оранки можна користуватися коефіцієнтами переводу, які отримують діленням змінної норми виробітку, прийнятої для оранки на глибину 20-22 см, на змінну норму виробітку на ту роботу, для якої встановлюють коефіцієнт.

Для полегшення роботи з технологічною картою та її коригування, кожній технологічній операції присвоюють свій код у графі 4 «Код операції».

Далі в графі 5 і 6 вказують оптимальні для даної культури агротехнічні строки і оптимальна кількість днів на агротехнічні строки. Для культивації міжрядь - це десь кінець червня - початок липня.

У графу 7 записується тривалість робочої зміни. Згідно трудового законодавства тривалість зміни становить - 7 годин. Допускається у напружений період робіт збільшувати тривалість робочої зміни до 10 годин.

У графу 8 кількість змін за день. Кількість змін приймаємо в залежності від періоду року і напруженості робіт -1 або 2 зміни.

У графах 9, 10, 11, 12 «Склад агрегату» вказують агрегати, найбільш ефективні для кожної роботи. У цій графі вказують марки і кількість сільськогосподарських машин, що входять до агрегату. Якщо в агрегаті використовують зчіпки, то марки їх також вказують у технологічній карті.

При виборі агрегатів слід орієнтуватися на трактори, машини і транспортні засоби, які є в господарствах, а також які намічається придбати в поточному році. Вибір складу машинно-тракторного агрегату проводимо, керуючись рекомендаціями операційної технології, і використовуючи передовий досвід господарств по комплектуванню агрегатів. Обов'язково беремо до уваги технологічні комплекси машин, які рекомендуються для інтенсивної технології в довідковій літературі. Необхідно раціональне поєднання ширини захвату і швидкості руху агрегату. Склад машинно-тракторного агрегату приймаємо в залежності від виду роботи з урахуванням високопродуктивних марок тракторів, особливостей застосовуваної технології та умов зони. Правильно скомплектований машинний агрегат повинен забезпечувати високоякісну роботу при максимальному використанні кінематичних та енергетичних можливостей машин, забезпечувати оптимальні умови безпечної роботи обслуговуючого персоналу. Технологічні машини повинні бути взаємопов'язані по рядності і продуктивності у виробничому циклі.

У польових умовах при роботі на певній операції можуть працювати по-різному скомплектовані агрегати, тому нам необхідно визначити оптимальний склад машино - тракторного агрегату для цієї с.-г. операції, тобто визначити який агрегат краще використовувати для її виконання.

Розглянемо на прикладі агрегатів для міжрядного обробітку розрахунок оптимального складу МТА. Порівняємо агрегат МТЗ-892+КРН-5,6 і МТЗ-892+КРН-4,2 і зробимо висновки, а дані розрахунків внесемо в технологічну карту. Для розрахунків будемо використовувати такі вихідні дані:

Таблиця 2.2 - Дані до розрахунку операції міжрядного обробітку

Назва с.-г. операції	міжрядний обробіток
Загальна площа обробітку:	$\Omega = 135$ га
Площа робочої ділянки (поля):	$F = 135$ га
Врожайність основного продукту:	$U_0 = 11{,}8$ ц/га
Врожайність побічного продукту:	$U_{\text{п}} = -$ т/га
Марки тракторів:	МТЗ-892
Марки с.г машин:	КРН-4,2; КРН-5,6
Умови роботи:	
- питомий опір машини	$k_0 = 1{,}2 - 1{,}8$ кН/м(кН/м^2)
- глибина обробітку	$h = 0{,}10 - 0{,}12$ м
- довжина гону	$L = 1000$ м
- рельєф поля	$i = 1{,}0\%$
- конфігурація поля	$k_p =$ форма правильна, $kp \approx 1{,}0$
- кам'янисті поля	$k_{\text{к}} = -$

Агрегат МТЗ-892+КРН-5,6.

По заданих маркам СГМ та марці трактора визначаємо кількість машин в агрегаті, передачу трактора і робочу швидкість при роботі на даній передачі.

Для цього проводимо такі розрахунки.

Вихідні дані для розрахунку:

- вага трактора $G_{\text{т}} = 33{,}65$ кН;

- вага КРН-5, 6: $G_{\text{м}} = 12{,}7$ кН;

КРН-4, 2: $G_{\text{м}} = 11{,}9$ кН.

На основі технічних характеристик заданих сільськогосподарських машин [4,5,6,7] або по табличним даними встановлюємо діапазон робочих швидкостей руху агрегату. Допустима робоча швидкість 8-12км/год.

За тяговою характеристикою або (у крайньому випадку) з технічної характеристики заданого трактора вибираємо три (або як мінімум дві) передачі, що забезпечують швидкості руху у прийнятому діапазоні [4, 5, 6, 7].

Це четверта та п’ята передачі: $\upsilon_{IV} = 8{,}9$км/год; $\upsilon_V = 10{,}54$км/год.

За тяговою або технічною характеристикою трактора визначаємо робочу швидкість руху $\upsilon_р$ і номінальне тягове зусилля $Р_{кр.н}$ для кожної передачі [4,5,6,7]. Розрахунок проводимо для п’ятої передачі. Такий же розрахунок проведемо і для четвертої передачі.

Розрахунок тягових властивостей трактора починають з визначення дотичної сили тяги (P_k, кН):

$$P_k = \frac{3.6 \cdot N_e \cdot \eta_{тр}}{\upsilon_{тр}(1 - 0{,}01 \cdot \delta)} \qquad (2.2)$$

де $\eta_{тр}$*=0,895* – коефіцієнт корисної дії трансмісії;

$\upsilon_{тр}$ – теоретична швидкість, км/год;

δ - коефіцієнт буксування рушія трактора, ($\delta = 12\%$ на п’ятій передачі і $\delta = 19\%$ на четвертій передачі).

Швидкість руху агрегату, відкориговану з урахуванням буксування трактора, називають робочою швидкістю:

$$\upsilon_р = \upsilon_т(1 - 0{,}01\delta) \qquad (2.3),$$

$$\upsilon_р = 10{,}54 \times (1 - 0{,}01 \times 12) = 9{,}275\text{км/год},$$

$$P_k = \frac{3{,}6 \cdot 59 \cdot 0{,}895}{10{,}54(1 - 0{,}01 \cdot 12)} = 20{,}5кН$$

Розраховуємо силу зчеплення трактора з ґрунтом:

$$F = G_{тр} \times \mu \times f_{м,} \qquad (2.4)$$

де $\mu = 0{,}55$ - коефіцієнт зчеплення рушія трактора з ґрунтом;

$f_м = 0{,}67$ - коефіцієнт, що враховує використання маси трактора для зчеплення з ґрунтом.

$$F = 33{,}65 \times 0{,}55 \times 0{,}67 = 12{,}4 \text{ кН},$$

Порівнюючи сили P_k і F, меншу з них приймаємо в якості рушійної сили трактори ($P_д$, кН):

$$P_{\text{д}} = F = 12{,}4 \text{ кН}$$

Розраховуємо силу тяги на гаку трактора:

$$P_{кр} = P_{\text{д}} - G_{тр} \cdot f_{тр} - G_{nh} \cdot 0{,}01i, \quad (2.5)$$

де $f_{тр} = 0{,}1$ – коефіцієнт опору коченню трактора;

$i = 1\%$ - нахил поля.

$$P_{кр} = 12{,}4 - 33{,}65 \cdot 0{,}1 - 33{,}65 \cdot 0{,}01 \cdot 1 = 8{,}699\text{кН},$$

Визначаємо опір агрегату з урахуванням впливу величини схилу:

$$R_{м} = k_i \cdot B_p - G_{м} \cdot i, \quad (2.6)$$

де k_i – питомий опір машини на обраній передачі, кН/м;

$B_p = 5{,}6\text{м}$ – робоча ширина захвату агрегату;

$G_{м} = 12{,}7\text{кН}$ – вага машини.

B_p – робоча ширина захвату;

$$B_p = \beta \cdot B_к \quad (2.7)$$

де $\beta = 0{,}98 - 1$ – коефіцієнт використання конструктивної ширини захвату, приймаємо $\beta = 1$.

$B_k = 5{,}6\text{м}$ – конструктивна ширина захвату

$B_p = 1 \cdot 5{,}6 = 5{,}6м$

При роботі зі швидкістю $\upsilon_{\text{р}} > 5\text{км/год}$ необхідно вводити поправку на збільшення питомих опорів:

$$k_i = k_0\left[1 + \Delta C\left(\upsilon_p - \upsilon_0\right)\right], \quad (2.8)$$

де $k_0 = 1{,}2 - 1{,}8$ – питомий опір машини на обраній передачі, приймаємо

$k_0 = 1{,}2$

$\Delta C = 0{,}04$ – збільшення питомого опору при підвищенні робочої швидкості на 1км/год.

$$k_i = 1{,}2[1 + 0{,}04(9{,}275 - 5)] = 1{,}41\text{кН/м},$$

$$R_{м} = 1{,}41 \cdot 5{,}6 - 12{,}7 \cdot 0{,}01 = 7{,}77\text{кН}.$$

Найбільша ширина захвату агрегату:

$$B_{мах} = P_{кр}\frac{\xi_д}{k_i} \quad (2.9)$$

де $\xi_д = 0{,}9$ – коефіцієнт використання тягового зусилля трактора [8];

$$B_{мах} = 8{,}699\frac{0{,}9}{1{,}41} = 5{,}6\text{м}$$

Кількість машин в простому тяговому агрегаті:

$$n_м = \frac{B_{мах}}{B_p} \quad (2.10)$$

$$n_м = \frac{5{,}6}{5{,}6} = 1$$

Тоді ширина захвату агрегату буде кратна B_p і дорівнює 5,6 м.

Визначаємо дійсний коефіцієнт використання тягового зусилля трактора:

$$\xi_д = \frac{R_a}{P_{кр}} = \frac{7{,}77}{8{,}699} = 0{,}89 \quad (2.11)$$

Агрегат скомплектована правильно, тому що $\xi_д = 0{,}89$, що допустимо для культиватора - рослинопіджившювача [8].

Агрегат МТЗ-892+КРН-4,2.

Розрахунок проводимо для п’ятої передачі.

Швидкість руху агрегату, відкориговану з урахуванням буксування трактора, називають робочою швидкістю:

$$\upsilon_\text{р} = 10{,}54 \times (1 - 0{,}01 \times 12) = 9{,}275\text{км/год},$$

$$P_k = \frac{3.6 \cdot 59 \cdot 0{,}895}{10{,}54(1 - 0{,}01 \cdot 12)} = 20{,}5\text{кН}$$

Розраховуємо силу зчеплення трактора з ґрунтом:

$$F = 33{,}65 \times 0{,}55 \times 0{,}67 = 12{,}4\text{кН},$$

$$P_\text{д} = F = 12{,}4\text{кН}$$

Розраховуємо силу тяги на гаку трактора:

$$P_{кр} = 12{,}4 - 33{,}65 \cdot 0{,}1 - 33{,}65 \cdot 0{,}01 \cdot 1 = 8{,}699\text{кН}$$

Визначаємо опір агрегату з урахуванням впливу величини схилу:

$$R_м = k_i \cdot B_p - G_м \cdot i,$$

$$k_i = 1{,}5[1 + 0{,}04(9{,}275 - 5)] = 1{,}76\text{кН/м},$$

$$R_м = 1{,}76 \cdot 4{,}2 - 11{,}9 \cdot 0{,}01 = 7{,}273\text{кН}.$$

Найбільша ширина захвату агрегату:

$$B_{мах} = 8{,}699\frac{0{,}9}{1{,}76} = 4{,}4\text{м}$$

Число машин в простому тяговому агрегаті:

$$n_м = \frac{4{,}4}{4{,}2} = 1{,}05 \approx 1$$

Визначаємо дійсний коефіцієнт використання тягового зусилля трактора:

$$\xi_д = \frac{\xi_д R_a}{P_{кр}} = \frac{7{,}273}{8{,}699} = 0{,}84$$

Агрегат скомплектовано правильно, тому що $\xi_д = 0{,}84$, що допустимо для культиватора - рослинопіджившювача [8].

Результати розрахунків з комплектування агрегатів дані в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 - Результати розрахунків з комплектування агрегатів

Склад агрегату	№ передачі	$\upsilon_р$, км/год	B_a, м	R_a, кН	$P_{кр}$, кН	ξ_i
МТЗ-892+КРН-4,2	IV	7,209	4,2	6,727	8,699	0,77
	V	9,275	4,2	7,273	8,699	0,84
МТЗ-892+КРН-5,6	IV	7,209	5,6	7,2	8,699	0,83
	V	9,275	5,6	7,77	8,699	0,89

2.3 Підготовка поля і руху агрегату в загінці

Агрегат МТЗ-892+КРН-5,6.

Робоча довжина загінки (довжина робочого ходу):

$$L_p = L_д - 2E_ф \ , \qquad (2.12)$$

де $L_д = 1000$м – довжина поля чи ділянки, (за завданням);

$E_ф$ – ширина поворотної смуги, кратна робочій ширині захвату агрегату, м.

Мінімальна ширина поворотної смуги:

$$E_{min} = \gamma \times R + e + d_к\,, \tag{2.13}$$

де $\gamma = 2{,}8$ – коефіцієнт пропорційності, що характеризує параметри повороту;

R – мінімальний радіус повороту агрегату, м;

e – довжина виїзду агрегати за контрольну борозну до початку повороту, м;

$d_к$ – кінематична ширина агрегату, м.

Мінімальний радіус повороту агрегату R залежить від ширини захвату агрегату B_a і швидкості руху на повороті, і визначається за формулою:

$$R = \alpha_v \times B_a \tag{2.14}$$

$$R = 0{,}9 \times 5{,}6 = 5{,}04\text{м}.$$

де $\alpha_v = 0{,}9$ – поправочний коефіцієнт, який враховує збільшення радіусу повороту при підвищенні швидкості повороту.

Довжина виїзду агрегату дорівнює:

$$e = \theta \times\ l_к\,, \tag{2.15}$$

де $\theta = 0{,}1$ – поправочний коефіцієнт, що враховує спосіб з'єднання робочих машин з трактором, для причіпних машин дорівнює 0,5-0,75, для навісних машин - 0,1-0,2.

$l_к$ – кінематична довжина агрегату, м.

Кінематична довжина агрегату дорівнює:

$$l_к = l_{тр} + l_м\ , \tag{2.16}$$

$$l_к = 1{,}3 + 1{,}70 = 3{,}0\text{м},$$

де $l_{тр} = 1{,}3$ м – кінематична довжина трактора;

$l_м = 1{,}70$м - кінематична довжина СГМ, (КРН-5, 6) [4,7].

$$e = 0{,}1 \times 3 = 0{,}3\text{ м}$$

Кінематична ширина агрегату дорівнює:

$$d_к = \upsilon \times B_к\,, \tag{2.17}$$

$$d_к = 0{,}6 \times 5{,}6 = 3{,}36\text{м}.$$

де υ – коефіцієнт симетричності агрегату, який для симетричних агрегатів дорівнює 0,6 [7];

$B_{\text{к}} = 5{,}6$м – конструктивна ширина захвату агрегату.

$$E_{min} = 2{,}8 \times 5{,}04 + 0{,}3 + 3{,}36 = 17{,}77\text{м}$$

Після визначення розрахункового значення ширини поворотної смуги E_{min} фактичне її значення приймається з умови:

$$E_{\text{ф}} = n \times B_p \geq E_{min}, \tag{2.18}$$

де n – коефіцієнт кратності ($n = 1, 2, 3 \ldots, i$), який визначається за відношенням E_{min}/B_p, а результат округляється до цілого числа в більшу сторону.

$$n = E_{min}/Bp = 17{,}77/5{,}6 = 3{,}2$$

Округляємо до цілого числа в більшу сторону $n = 4$, тоді:

$$E_{\text{ф}} = 4 \times 5{,}6 = 22{,}4\text{м},$$

$$d_{\text{к}} = 0{,}6 \times 4{,}2 = 2{,}52\text{м}$$

Мінімальна ширина поворотної смуги:

$$E_{min} = 2{,}8 \times 3{,}78 + 0{,}297 + 2{,}52 = 13{,}401\text{м}$$

Після визначення розрахункового значення ширини поворотною смуги E_{min} фактичне її значення приймається з умови (2.18):

$$n = E_{min}/B_p = 13{,}401/4{,}2 = 3{,}2$$

Округляємо до цілого числа в більшу сторону $n = 4$, тоді:

$$E_{\text{ф}} = 4 \times 4{,}2 = 16{,}8\text{м},$$

Робоча довжина загінки:

$$L_p = 1000 - 2 \times 16{,}8 = 966{,}4\text{м}$$

Довжина холостого ходу:

$$L_{\text{х}} = 6{,}03 \times 3{,}78 + 2 \times 0{,}297 = 23{,}39\text{м}$$

Коефіцієнт робочих ходів:

$$\varphi = \frac{L_p}{L_p + L_{\text{х}}}, \tag{2.19}$$

$$\varphi = \frac{966{,}4}{966{,}4 + 23{,}39} = 0{,}98$$

Результати розрахунків з підготовки поля і руху агрегату в загінці наведені в таблиці 2.4

Таблиця 2.4 - Результати розрахунків підготовки поля і руху агрегату в загінці

Склад МТА	R, м	$l_к$, м	e, м	$d_к$, м	$E_ф$, м	L_p, м	$L_х$, м
МТЗ-892 +КРН-4,2	3,78	2,97	0,297	2,52	16,8	966,4	23,39
МТЗ-892 +КРН-5,6	5,04	3,00	0,3	3,36	22,4	955,2	30,99

2.4 Розрахунок основних показників роботи МТА

Основними або техніко-економічними показниками роботи МТА є: продуктивність за годину змінного часу $W_{год}$, змінний виробіток $W_{зм}$, погектарна витрата палива q і затрати праці на одиницю обробленої площі.

Агрегат МТЗ-892+КРН-5,6.

Час робочих ходів за один технологічний цикл:

$$t_p = 2 \times L_p \times 10^{-3}/v_p \,, \tag{2.20}$$

$$t_p = 2 \times 955{,}2 \times 10^{-3}/9{,}275 = 0{,}2 \text{ год.}$$

Час холостих ходів агрегату за один технологічний цикл:

$$t_x = 2 \times L_х \times 10^{-3}/v_x \tag{2.21}$$

Швидкість v_x, як правило, приймають рівною 5 - 7 км/год

$$t_x = 2 \times 30{,}99 \times 10^{-3}/5 = 0{,}012\text{год}$$

Час одного технологічного циклу:

$$t_ц = t_p + t_x \,, \tag{2.22}$$

$$t_ц = 0{,}2 + 0{,}012 = 0{,}212\text{год}$$

Змінний час витрачається не тільки на виконання циклічно повторюваних елементів руху, а й на підготовку машинних агрегатів до роботи, на їх переїзди, на усунення технічних несправностей і т. д:

$$T_{внц} = T_{пз} + T_{пер1} + T_{тоз} + T_ф + T_{пр} \,, \tag{2.23}$$

Всі складові елементи часу зміни що не входять у технологічний цикл прийнято називати не цикловим часом зміни.

$T_{\text{пз}} = 0{,}56$ – підготовчо-заключний час (приймання та здача агрегату, його ЩТО, переїзд до місця роботи і назад), год;

$T_{\text{пер1}} = 0{,}07 - 0{,}84$ - внутрішньо змінні переїзди агрегатів (якщо агрегат протягом зміни обробляє кілька ділянок або невеликих полів), приймаємо 0,5 год;

$T_{\text{тоз}} = 0{,}14 - 0{,}28$ – ТО агрегатів в загінці (відновлення регулювань, усунення забивання робочих органів), приймаємо 0,2 год;

$T_{\text{ф}} = 0{,}14 - 0{,}21$ – зупинки на відпочинок чи з фізіологічних причин, приймаємо 0,2 год;

$T_{\text{пр}} = 0{,}07 - 0{,}9$ – простої через технічні несправностей і по інших організаційних причин, приймаємо 0,5 год.

$$T_{\text{внц}} = 0{,}56 + 0{,}5 + 0{,}2 + 0{,}2 + 0{,}5 = 1{,}96\text{год}$$

Кількість виконаних за зміну технологічних циклів:

$$n_{ц} = \frac{T_{зм} - T_{внц}}{t_{ц}} = \frac{7 - 1{,}96}{0{,}212} = 24 \qquad (2.24)$$

Чистий робочий час:

$$T_{р} = t_{р} \cdot n_{ц} = 0{,}2 \cdot 24 = 4{,}8 \text{ год} \qquad (2.25)$$

Час руху агрегату при холостих поворотах і заїздах протягом зміни:

$$T_{х} = t_{х} \cdot n_{ц} = 0{,}012 \cdot 24 = 0{,}288 \text{ год} \qquad (2.26)$$

Час роботи двигуна при зупинках агрегату:

$$T_{о} = T_{зм} - T_{р} - T_{х} = 7 - 4{,}8 - 0{,}288 = 1{,}91 \text{ год} \qquad (2.27)$$

Коефіцієнт використання часу зміни:

$$\tau = {T_{р}}/{T_{зм}} = {4{,}8}/{7} = 0{,}69 \qquad (2.28)$$

Визначаємо змінну продуктивність:

$$W_{зм} = 0{,}1 \cdot B_{а} \cdot \nu_{р} \cdot \tau \cdot T_{зм} = 0{,}1 \cdot 5{,}6 \cdot 9{,}275 \cdot 0{,}69 \cdot 7 = 25{,}09 \text{ га} \qquad (2.29)$$

Продуктивність за годину змінного часу:

$$W_{год} = 0{,}1 \cdot B_{а} \cdot \nu_{р} \cdot \tau = 0{,}1 \cdot 5{,}6 \cdot 9{,}275 \cdot 0{,}69 = 3{,}58 \text{ га/год} \qquad (2.30)$$

Погектарна витрата палива:

$$g_{га} = \frac{G_p \cdot T_p + G_x \cdot T_x + G_0 \cdot T_0}{W_{см}} \quad (2.31)$$

де G_p, G_x, G_0 – годинні витрати палива відповідно при роботі під навантаженням, при холостих поворотах і заїздах і при зупинках агрегату з працюючим двигуном, кг/год [8].

$G_p = 15{,}2\text{кг/год}$;

$G_x = 7{,}5\text{кг/год}$;

$G_0 = 1{,}4\text{кг/год}$.

$$g_{га} = \frac{15{,}2 \cdot 4{,}8 + 7{,}5 \cdot 0{,}288 + 1{,}4 \cdot 1{,}91}{25{,}09} = 3{,}1\text{кг/га}$$

Питомі експлуатаційні витрати S на використання машинних агрегатів (грн/га):

$$S = \sum S_a + \sum S_{\text{ртх}} + S_{\text{пмм}} + S_{\text{зп}}\,, \quad (2.32)$$

де $\sum S_a$ – сума амортизаційних відрахувань по всіх елементах агрегату;

$\sum S_{\text{ртх}}$ – сума витрат на поточний ремонт і ТО по всім елементам агрегату;

$S_{\text{пмм}}$ – витрати на паливно-мастильні матеріали;

$S_{\text{зп}}$ – витрати на заробітну плату механізаторам і допоміжним робітникам.

Питомі витрати на амортизацію агрегату (грн/га):

$$\Sigma S_a = \frac{Б_т\left(a_р + a_к\right)}{100 \cdot W_ч \cdot T_т} + \frac{Б_м \cdot a_р}{100 \cdot W_ч \cdot T_м} n_м \quad (2.33)$$

де $a_р$, $a_к$ – норми річних відрахувань на реновацію і капітальний ремонт тракторів і СГМ,%; $a_р(\text{тр}) = 12{,}5$; $a_к(\text{тр}) = 4$; $a_р(\text{м}) = 14{,}2$. [4, 7];

$Б_т$, $Б_м$ – балансова вартість трактора, зчіпки і машини, грн.;

$Б_т = 134560\text{грн}$;

$Б_м = 42384\text{грн}$.

$T_т$, $T_м$ – річна завантаження трактора, зчіпки і машини, год;

$T_т = 1600\text{год}$; $T_м = 350\text{год}$.

$n_м$ – кількість машин в агрегаті;

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

$$\Sigma S_a = \frac{134560(12{,}5+4)}{100 \cdot 3{,}58 \cdot 1600} + \frac{42384 \cdot 14{,}2}{100 \cdot 3{,}58 \cdot 350} 1 = 8{,}68 \text{ грн/га}$$

Аналогічно за такою ж формулою підраховуються питомі витрати на поточний ремонт і ТО - $\sum S_{\text{ртх}}$.

$$\Sigma S_{ртх} = \frac{Б_т(a_{рт} + a_{то})}{100 \cdot W_ч \cdot T_т} + \frac{Б_м(a_{рт} + a_{то})}{100 \cdot W_ч \cdot T_м} n_м \quad (2.34)$$

де $a_{рт}$, $a_{то}$ – норми річних відрахувань на поточний ремонт і технічне обслуговування трактора, зчіпки і сільськогосподарської машини,%;

$a_{рт}(\text{тр}) = 22;\ a_{рт}(\text{м}) = 16;\ a_{то}\ (\text{м}) = 16$. [4, 7].

$$\Sigma S_{ртх} = \frac{134560(22+4)}{100 \cdot 3{,}58 \cdot 1600} + \frac{42384(16+16)}{100 \cdot 3{,}58 \cdot 350} 1 = 16{,}93 \text{ грн/га}$$

Питомі витрати на паливо-мастильні матеріали визначаємо за формулою:

$$S_{\text{пмм}} = k_{\text{т}} \times g_{\text{га}} \times \text{Ц}_{\text{к}}, \quad (2.35)$$

$$S_{\text{пмм}} = 1{,}061 \times 3{,}1 \times 86 = 282{,}86 \text{ грн},$$

де $k_{\text{т}} = 1{,}061$ – коефіцієнт витрати паливно-мастильних матеріалів (за нормативом);

$g_{\text{га}}$ – погектарна витрата палива, кг/га;

$\text{Ц}_{\text{к}}$ – комплексна ціна одного кг палива, грн/кг

Питомі витрати на заробітну плату $S_{\text{зп}}$, грн/га:

$$S_{зп} = \frac{(K_{нк}\, m_м\, f_1) \cdot 1{,}046}{W_{зм}} \quad (2.36)$$

$$S_{зп} = \frac{(1 \cdot 1 \cdot 1363{,}64) \cdot 1{,}046}{25{,}09} = 56{,}85 \text{ грн/га}$$

де $K_{нк} = 1$ – коефіцієнт що враховує надбавку за класність;

$m_м$ – кількість працівників обслуговуючих агрегат, чол (приймаємо 1);

$f_1 = 1363{,}64$ *грн* – денні тарифні ставки для оплати праці тракториста

$1{,}046$ – коефіцієнт, що враховує нарахування на заробітну плату;

$W_{зм}$ – змінна продуктивність агрегату, га/см.

Витрати праці на одиницю виконаної роботи (люд.-год/га):

$$З = \frac{m_м}{W_{год}} = \frac{1}{3{,}58} = 0{,}27 \text{ люд.} - \frac{\text{год}}{\text{га}} \quad (2.37)$$

де $m_м$ – кількість працівників обслуговуючих агрегат, чол.;

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

$$S = 8{,}68 + 16{,}93 + 282{,}86 + 56{,}85 = 365{,}32 \text{ грн}$$

Агрегат МТЗ-892+КРН-4,2.

Час робочих ходів за один технологічний цикл:

$$t_p = 2 \times 966{,}4 \times 10^{-3}/9{,}275 = 0{,}21\text{год}$$

Час холостих ходів агрегату за один технологічний цикл:

$$t_x = 2 \times 23{,}39 \times 10^{-3}/5 = 0{,}009\text{год}$$

Час одного технологічного циклу:

$$t_\text{ц} = 0{,}21 + 0{,}009 = 0{,}219 \text{ год}$$

$$T_\text{внц} = 1{,}96 \text{ год.}$$

Кількість виконаних за зміну технологічних циклів:

$$n_ц = \frac{7 - 1{,}96}{0{,}219} = 23$$

Чистий робочий час:

$$T_p = 0{,}21 \cdot 24 = 4{,}83 \text{ год}$$

Час руху агрегату при холостих поворотах і заїздах протягом зміни:

$$T_x = 0{,}009 \cdot 23 = 0{,}207 \text{ год}$$

Час роботи двигуна при зупинках агрегату:

$$T_o = 7 - 4{,}83 - 0{,}207 = 1{,}963 \text{ год},$$

Коефіцієнт використання часу зміни:

$$\tau = {}^{4{,}83}/_{7} = 0{,}69,$$

Визначаємо змінну продуктивність:

$$W_{зм} = 0{,}1 \cdot 4{,}2 \cdot 9{,}275 \cdot 0{,}69 \cdot 7 = 18{,}82 \text{ га},$$

Продуктивність за годину змінного часу:

$$W_{год} = 0{,}1 \cdot 4{,}2 \cdot 9{,}275 \cdot 0{,}69 = 2{,}69 \text{ га/год},$$

Погектарна витрата палива:

$$g_{га} = \frac{15{,}2 \cdot 4{,}83 + 7{,}5 \cdot 0{,}207 + 1{,}4 \cdot 1{,}963}{18{,}82} = 4{,}1 \text{ кг/га}$$

Питомі експлуатаційні витрати *S* на використання машинних агрегатів (грн/га):

$$S = 9{,}17 + 17{,}17 + 57{,}71 + 75{,}79 = 159{,}46 \text{грн},$$

Питомі витрати на амортизацію агрегату (грн/га):

$Б_м = 26586$ грн – для КРН-4,2

$$\Sigma S_a = \frac{134560(12{,}5 + 4)}{100 \cdot 2{,}69 \cdot 1600} + \frac{26586 \cdot 14{,}2}{100 \cdot 2{,}69 \cdot 350} 1 = 9{,}17 \text{ грн/га}$$

Питомі витрати на поточний ремонт і ТО - $\sum S_{ртх}$.

$$\Sigma S_{ртх} = \frac{134560(22 + 4)}{100 \cdot 2{,}69 \cdot 1600} + \frac{26586(16 + 16)}{100 \cdot 2{,}69 \cdot 350} 1 = 17{,}17 \text{ грн/га}$$

Питомі витрати на паливо-мастильні матеріали

$$S_{пмм} = 0{,}61 \times 1{,}1 \times 86 = 57{,}71 \text{ грн},$$

Питомі витрати на заробітну плату $S_{зп}$, грн/га:

$$S_{зп} = \frac{(1 \cdot 1 \cdot 1363{,}64) \cdot 1{,}046}{18{,}82} = 75{,}79 \text{ грн/га}$$

Затрати праці на одиницю виконаної роботи (люд.-год/га):

$$З = \frac{1}{2{,}69} = 0{,}36 \text{ люд.} - \text{год/га}$$

Результати розрахунків техніко-економічних показників наведені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 - Розрахунки техніко-економічних показників

Склад агрегату	Передача	$T_р$, год	$T_х$, год	T_0, год	$g_{га}$, кг/га	τ	$W_{год}$, га/ч	$W_{зм}$, га/зм
МТЗ-892+ +КРН-4,2	IV	4,83	0,162	2,008	5,3	0,69	2,09	14,62
	V	4,83	0,207	1,963	4,1	0,69	2,69	18,82
МТЗ-892+ +КРН-5,6	IV	4,94	0,228	1,832	3,96	0,71	2,87	20,06
	V	4,8	0,288	1,91	3,1	0,69	3,58	25,09

2.5 Визначення оптимального складу агрегату

Агрегат МТЗ-892+КРН-5,6.

Оптимальним (при економічній оцінці) варіантом (за складом і режимом роботи) буде той агрегат, при роботі якого виходять найменші приведені витрати:

$$\text{П} = S + E \cdot K_{\text{пит}}\,, \tag{2.38}$$

де S – експлуатаційні витрати (витрати), грн/га;

E – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень, $E = 0{,}2$;

$K_{\text{пит}}$ – питомі капітальні вкладення в сфері експлуатації на 1 га оброблюваної площі, грн/га (за даними господарства).

Питомі капітальні вкладення в сфері експлуатації можна визначити за формулою:

$$K_{\text{пит}} = \frac{Б_т + Б_м \cdot n_м}{F} \tag{2.39}$$

де $Б_т$, $Б_м$ – балансова (або залишкова) вартість трактори і машини, грн.;

$n_м$ – кількість машин в агрегаті;

F – площа поля, га.

$$K_{\text{пит}} = \frac{134560 + 42384 \cdot 1}{135} = 1310{,}70 \text{ грн/га}$$

$$\text{П} = 365{,}32 + 0{,}2 \cdot 1310{,}70 = 627{,}46 \text{ грн/га} \tag{2.40}$$

Агрегат МТЗ-892+КРН-4,2.

$$K_{\text{пит}} = \frac{134560 + 26586 \cdot 1}{135} = 1193{,}67 \text{ грн/га}$$

$$\text{П} = 159{,}46 + 0{,}2 \cdot 1193{,}67 = 398{,}19 \text{грн/га}.$$

У виробництві часто доводиться вибирати той варіант агрегату, що забезпечує найвищі виробничі показники. Якщо треба в обмежений термін даним агрегатом виконати найбільший обсяг роботи, то показником

оптимальності агрегату буде продуктивність, якщо бракує робітників, то затрати праці і т. д.

Порівнявши два агрегати, ми можемо зробити висновок, що більш ефективним є агрегат МТЗ-892+КРН-5, 6, до того ж, не можна не відзначити, що він працює на п’ятій передачі, тому що ця конфігурація за розрахунками дає найкращі техніко - економічні показники.

Змінну продуктивність і погектарну витрату палива більш ефективного агрегату заносимо у відповідні графи технологічної карти. По інших агрегатах виконуємо аналогічні розрахунки.

До граф 13, 14 заносимо обслуговуючий персонал, необхідний для забезпечення роботи агрегату. Приймаються основний $m_{\text{осн}}$ і допоміжний $m_{\text{всп}}$ з урахуванням наявних удосконалень і застосовуваних технологій. Кількість робітників, які обслуговують агрегат, визначається в залежності від складу агрегату, його складності, кількості сільськогосподарських машин та прийнятої схеми його обслуговування:

$$m_{\text{осн}} = 1,$$

У графах 15, 16, 17 «Виробіток агрегату» записують норму виробітку агрегату за зміну, виробіток за робочий день і арго строк.

Норма виробітку агрегату за семигодинну зміну $W_{\text{зм}}$ (графа 15) є визначальним показником, від якого залежать інші показники роботи. Тому рекомендується користуватися в господарстві технічно обґрунтованими нормами виробітку, розробленими нормувальними станціями з урахуванням паспортизації полів, збірників норм виробітку і витрати палива з урахуванням питомого опору, довжини гону, групи господарства [1]. При відсутності цих показників допускається розрахувати їх по продуктивності агрегату.

Для агрегату МТЗ-892+КРН-5, 6 норма виробітку $W_{\text{зм}} = 18{,}7$га [1].

Виробіток агрегату за день $W_{\text{дн}}$ (графа 16) визначається перемножуванням даних графи 15 і 8 або за формулою:

$$W_{\text{дн}} = W_{\text{зм}} \cdot K_{\text{зм}} \qquad (2.41)$$

$$W_{\text{дн}} = 18{,}7 \cdot 2 = 37{,}4га.$$

Виробіток агрегату за агротехнічний термін $W_{\text{агр}}$ (графа 16) визначається перемножуванням даних графи 16 і 6 або за формулою:

$$W_{\text{агр}} = W_{\text{дн}} \cdot Д_{\text{р}} \quad (2.42)$$

де $Д_{\text{р}}$ - кількість робочих днів передбачений агротехнічним строком.

Для культивації: $Д_{\text{р}} = 4$ дні.

$$W_{\text{агр}} = 37{,}4 \cdot 4 = 149{,}6 \text{ га},$$

Кількість виконаних нормозмін $N_{\text{нзм}}$ (графа 26) на даній роботі визначають за формулою:

$$N_{\text{нзм}} = \Omega / W\text{зм}, \quad (2.43)$$

$$N_{\text{нсм}} = 400/18{,}7 = 21{,}39.$$

Норму витрати палива $g_{\text{га}}$ на одиницю роботи (графа 19) приймають з діючих технічно обгрунтованих норм у господарстві чи збірників норм виробітку і витрати палива.

Норма витрати палива приймаємо з типових норм виробітку [1]:

$$g_{\text{га}} = 3{,}4 \text{ л/га},$$

Якщо норма витрати палива на дану роботу не встановлено, її можна порахувати за формулою:

$$g_{\text{га}} = \frac{G_m}{W_{\text{год}}} \quad (2.44)$$

де G_m – середньогодинна витрата палива, кг/год, знаходиться з довідкових даних;

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

$$W_{\text{год}} = W_{\text{зм}}/T_{\text{зм}}, \quad (2.45)$$

Потрібна кількість палива Q (графа 20) визначається множенням обсягу робіт Ω на норму витрати палива $g_{\text{га}}$:

$$Q = g_{\text{га}} \cdot \Omega, \quad (2.46)$$

$$Q = 3{,}4 \cdot 400 = 1360 \text{ л}.$$

У графі 21 зазначається вартість ПММ, що потрібне для виконання відповідної технологічної операції.

Потрібну кількість тракторів для виконання всього обсягу робіт (графа 22) визначається діленням графи 3 на графу 17 або за формулою:

$$n_{\text{т}} = \Omega / W_{\text{агр}}, \tag{2.47}$$

$$n_{\text{т}} = 400/149{,}6 = 2{,}67.$$

де Ω - обсяг робіт, га;

$n_{\text{т}}$ - кількість тракторів.

Приймаємо 3 трактори

Якщо в агрегаті з трактором для приєднання машин використовується зчіпка, то кількість зчіпок $n_{\text{зч}}$ дорівнює кількості тракторів $n_{\text{т}}$.

Кількість необхідних сільськогосподарських машин $n_{\text{сг}}$ для виконання цієї роботи (графа 23) визначається множенням кількості тракторів (графа 22) на кількість машин в агрегаті (графа 12).

Кількість трактористів-машиністів $M_{\text{тр}}$ (графа 24) необхідна для виконання даної сільськогосподарської роботи, визначають множенням кількості тракторів, зайнятих на даній роботі (графа 22), на кількість повних змін за добу (графа 8) і кількість трактористів, які обслуговують один агрегат $m_{\text{м}}$ (графа 13):

$$M_{\text{тр}} = n_{\text{т}} \cdot K_{\text{зм}} \cdot m_{\text{м}}\ , \tag{2.48}$$

$$M_{\text{тр}} = 3 \cdot 2 \cdot 1 = 6.$$

Аналогічно визначається кількість допоміжних робітників$M_{\text{вс}}$ (графа 25):

$$M_{\text{вс}} = n_{\text{т}} \cdot K_{\text{зм}} \cdot m_{\text{вс}}\ , \tag{2.49}$$

де $m_{\text{вс}}$ – кількість допоміжних робітників, які обслуговують один агрегат.

На міжрядній культивації немає допоміжних робітників ($m_{\text{вс}} = 0$).

Затрати праці на 1 га (графа 18) визначають діленням числа робочих, які обслуговують агрегат, на продуктивність агрегатів за годину змінного часу за формулою:

$$H_0 = \frac{m_{\text{м}} + m_{\text{вс}}}{W_{\text{год}}} \tag{2.50}$$

$$H_0 = \frac{6+0}{2{,}67} = 2{,}25 \text{ люд.} - \text{год/га}$$

$$W_{\text{год}} = W_{\text{зм}}/7 = 18{,}7/7 = 2{,}67 \text{ га/год.} \quad (2.51)$$

Затрати праці на весь обсяг роботи $H_{\text{об}}$ визначають за формулою:

$$H_{\text{об}} = H_{\text{о}} \cdot \Omega \quad (2.52)$$

$$H_{\text{об}} = 2{,}25 \cdot 400 = 900 \text{ люд.} - \text{год.}$$

Для планування в господарствах зазвичай користуються показниками обсягу механізованих робіт в умовних еталонних гектарах (у.ет.га). Переведення обсягу робіт з фізичних одиниць в умовні еталонні гектари можна здійснити через кількість нормозмін і еталонний виробіток трактора.

Обсяг робіт в умовних еталонних гектарах (графа 28) при виконанні даної роботи визначається за формулою:

$$F_{\text{у.ет.га}} = N_{\text{нзм}} \cdot T_{\text{зм}} \cdot k_{\text{ет.тр}}\,, \quad (2.53)$$

$$F_{\text{у.ет.га}} = 21{,}39 \cdot 7 \cdot 0{,}7 = 104{,}81 \text{ у. ет. га.}$$

де $N_{\text{нзм}}$ - число нормозмін (графа 26);

$T_{\text{зм}}$ - тривалість зміни, год (графа 7);

$k_{\text{ет.тр}}$. - коефіцієнт переводу фізичних тракторів в умовні еталоні (графа 27).

Для трактора МТЗ-892 коефіцієнт переводу дорівнює 0,7.

По інших технологічних операціях проводимо аналогічні розрахунки, які записуються у відповідні графи технологічної карти.

РОЗДІЛ 3 КОНСТРУКТОРСЬКА РОЗРОБКА

3.1 Опис і обґрунтування обраної конструкції

Сівалка комбінована з пневматичними висівними апаратами (рис. 3.1) представляє собою навісне знаряддя.

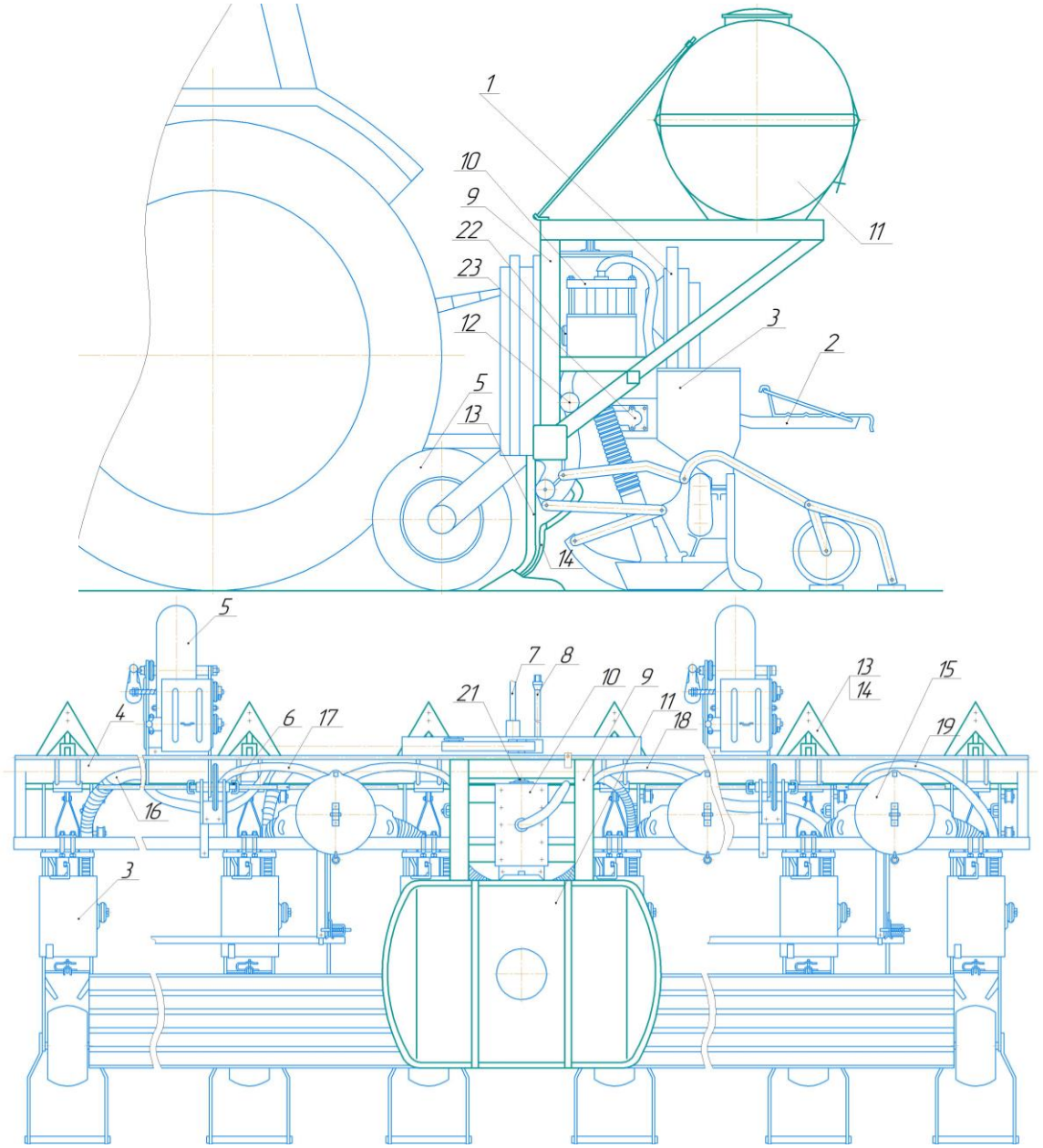

Рис. 3.1 Сівалка комбінована: *1* - вентилятор; *2* - підніжка; *3* - посівна секція; *4* - рама; *5* - опорно-приводне колесо; *6* - шарнір; *7*, *8* - гідромагістраль; 9 - рама обприскувача; 10 - насос; 11 - обприскувач ОН-400; 12 - штанга; 13 - культиваторна лапа; 14 - трубка внесення розчину; 15 - апарат туковисівний; 16 - *19* - повітрепроводи; *20* - кожух; *21* - напівмуфта; *22* - вал приводу насоса; *23* - гідромотор

За базу прийнята сівалка VEGA-8. Сівалка агрегатується з тракторами тягового класу 1,4. До рами сівалки прикріплені два опорно-приводних колеса *5* з механізмом приводу висівних апаратів секцій *3*, туковисівні апарати *15*, вентилятор з приводом *10*, підніжною дошкою *2*, маркери з механізмом піднімання і опускання, обприскувач для внесення гербіцидів ОН-400 *11*.

Підвіска секції паралелограмна, сошник полозовидний комбінований, висівні апарати пневматичні вакуумного типу, що забезпечує якісний посів на високих швидкостях руху агрегата. Посівні секції оснащені загортачами, призначеними для примусового закриття борозни ґрунтом. Прикочуючі котки з шинами атмосферного тиска виключають налипання ґрунту. Туковисівні апарати шнекового типу, подають у тукопроводи, а потім у тукові воронки полозовидних сошників добрива.

Сівалка призначена для висіву насіння та внесення сухих мінеральних добрив одночасно, а ми пропонуємо одночасно з посівом та внесенням мінеральних добрив, проводити внутрішньогрунтове внесення гербіциду. Сутність його полягає в тому, що гербіциди вносяться тільки на ті ділянки поля, які не підлягають обробці ґрунтообробними знаряддями. Перевага цього способу перед суцільним обприскуванням полягає насамперед у зниженні вартості хімічної прополки, тому що гербіцид вноситься не як при самостійній операції, а одночасно з посівом за один прохід агрегату.

При цьому витрати робочої рідини, а отже, і препаратів скорочується в 2 – 3 рази. Таке внесення гербіциду знижує хімічне навантаження на навколишнє середовище і знижує небезпеку накопичення отрутохімікатів в ґрунті при інтенсивному їх використанні. Існує також і гніздове внесення гербіциду. Мета його зводитися до максимальної економії препарату шляхом обробки гербіцидами лише зони розміщення рослин. Здійснюється обприскувачами пульсуючого типу. Розглянемо будову пристосування. Спарені лапи монтують до рами перед кожною посівної секцією сівалки VEGA-8. Робочий розчин гербіциду подається до щілинного розпилювача, що встановлений на кожній

лапі, по трубопроводах, які приєднуються до обприскувача, встановленого на сівалку.

Внутрішньоґрунтове внесення гербіциду одночасно з посівом здійснюється наступним чином. Перед початком заїзду змонтованого агрегату в загінку тракторист включає насос УН-41.000, який подає розчин у напірну магістраль, а з неї через шланги до розпилювачів. Переконавшись, що розпилювачі працюють нормально, тракторист спрямовує агрегат по сліду маркера, на контрольній мітці опускає сівалку і вмикає її в роботу. При русі агрегату робочий розчин розпилювачами вноситься на задану глибину і ширину захвату лап на кожному рядку, послідовно, за лапами, рухаються посівні секції, якими проводиться сівба.

Тиск напірної магістралі – 2 - 3 кг/см^2, завдяки цьому забезпечується висока якість розпилу, витримується заданий кут струменя. Наприкінці загінки тракторист вимикає насос, піднімає сівалку і розвернувши агрегат, знову включає насос і опускає сівалку. Ґрунт і ділянки під посів готують згідно з агротехнічними вимогами, головне, щоб на поверхні поля не було брил, великих грудок і великих рослинних залишків. Пристосування ефективне в усіх ґрунтово-кліматичних зонах, причому не тільки за зяблевої оранки але і за плоскорізної та поверхневої технології обробки ґрунту.

3.2 Розрахунок агрегату на стійкість

Вихідні дані для розрахунку стійкості комбінованого агрегату наведені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Вихідні дані до розрахунку стійкості агрегату

Експлуатаційна маса трактора	$Q_м$=3365кг
Поздовжня база	L=2370мм
Координати центра ваги трактора:	
- горизонтальна, від осі задніх коліс	a=725мм
- вертикальна, від опорної поверхні	h_1=914мм

Продовження таблиці 3.1

Координати центра ваги сівалки в піднятому положенні:	
- горизонтальна, від осі задніх коліс	*b=1050мм*
Вага вантажу попереду трактора	*q=220кг*
Маса сівалки:	
- не завантаженої	Q_c*=1178кг*
- завантаженої	Q_c*=1245кг*

3.2.1. Визначення коефіцієнта запасу поздовжньої стійкості і навантажень на колеса трактора.

Визначаємо коефіцієнт запасу поздовжньої стійкості трактора.

Сівалка не завантажена:

$$X_{\text{н}} = M_{\text{м}}/M_{lim}, \tag{3.1}$$

де $M_{\text{м}}$ - момент, створюваний масою, навісного знаряддя піднятого в транспортне положення;

M_{lim} - момент, здатний викликати відрив від землі передніх коліс трактора, що знаходиться в горизонтальному положенні.

$$M_{lim} = Q_{\text{м}} \times a + q \times L_1\,, \tag{3.2}$$

де $Q_{\text{м}}$ - експлуатаційна маса трактора;

$L_1 = 2770$м – горизонтальна відстань, від осі задніх коліс до максимально віддаленої точки заднього габариту агрегату.

$$M_{\text{м}} = Q_c \times b\,, \tag{3.3}$$

$$M_{lim} = 33{,}65 \times 0{,}725 + 2{,}20 \times 2{,}770 = 30{,}49 \text{ кНм},$$

$$M_{\text{м}} = 11{,}78 \times 1{,}05 = 12{,}3\ 6\text{кНм},$$

$$X_{\text{н}} = 12{,}36/30{,}49 = 0{,}41.$$

Навантаження на колеса трактора в статичному положенні:

- на передню вісь:

$$R_1 = (Q_{\text{м}} \times a + q \times L_1 - Q_c \times b)/L, \tag{3.4}$$

$$R_1 = \frac{33{,}65 \times 0{,}725 + 2{,}2 \times 2{,}77 - 11{,}78 \times 1{,}05}{2{,}37} = 7{,}65 \text{ кН}.$$

-на одне колесо:

$$m_1 = \frac{R_1}{2} = \frac{7,65}{2} = 3,875\text{Кн}, \quad (3.5)$$

- на задню вісь:

$$R_2 = Q_\text{м} + q + Q_c + R_1 = 33,65 + 2,2 + 11,78 + 7,65 = 55,28 \text{ кН}, \quad (3.6)$$

-на одне колесо:

$$m_1 = \frac{R2}{2} = \frac{55,28}{2} = 27,64\text{кН} \quad (3.7)$$

Сівалка завантажена:

$$X_\text{н} = 13,07/30,49 = 0,43,$$

- на передню вісь:

$$R_1 = \frac{33,65 \times 0,725 + 2,2 \times 2,77 - 12,45 \times 1,05}{2,37} = 7,35\text{кН},$$

-на одне колесо:

$$m_1 = \frac{7,35}{2} = 3,675\text{кН},$$

- на задню вісь:

$$R_2 = 33,65 + 2,2 + 12,45 + 7,35 = 55,65 \text{ кН},$$

-на одне колесо:

$$m_1 = \frac{55,65}{2} = 27,825 \text{ кН},$$

Визначаємо поздовжню стійкість агрегату в градусах:

$$Q_\text{м} \times l_1 + q \times l_3 = Q_c \times l2 \quad (3.8)$$

Після перетворень:

$$tg\alpha = Q_\text{м} \times a + q \times L_1 - Q_c \times b/Q_\text{м} \times h_1 + q \times h_3 - Q_c \times h_2 \quad (3.9)$$

Сівалка не завантажена:

$$tg\alpha = \frac{33,65 \times 0,725 + 2,2 \times 2,77 - 11,78 \times 1,05}{33,65 \times 0,914 + 2,2 \times 0,76 + 11,78 \times 1,012} = 0,435 = 23°30',$$

Сівалка завантажена:

$$tg\alpha = (33,65 \times 0,725 + 2,2 \times 2,77 - 12,45 \times 1,05)/(33,65 \times 0,914 + 2,2 \times 0,76 + 12,45 \times 1,012) = 0,170 = 9° 42',$$

3.2.2 Кінематика базового агрегату

Підчас сівби приймаємо спосіб руху човниковий з петлевим грушоподібним поворотом.

Визначаємо кінематичну довжину агрегату (2.16):

$$l_a = 1{,}3 + 1{,}8 = 3{,}1 \text{ м},$$

Кінематична ширина агрегату дорівнює (2.17):

$$d_к = 0{,}6 \times 5{,}6 = 3{,}36 \text{ м},$$

Визначаємо довжину виїзду агрегату на поворотну смугу (2.15):

$$e = 0{,}1 \times 3{,}1 = 0{,}31 \text{ м}$$

-на одне колесо:

$$m_1 = \frac{55{,}65}{2} = 27{,}825 \text{кН},$$

Визначаємо поздовжню стійкість агрегату в градусах:

$$Q_м \times l_1 + q \times l_3 = Q_c \times l_2 \qquad (3.8)$$

Після перетворень:

$$tg\alpha = Q_м \times a + q \times L_1 - \frac{Q_c \times b}{Q_м} \times h_1 + q \times h_3 - Q_c \times h_2 \qquad (3.9)$$

Сівалка не завантажена:

$$tg\alpha = (33{,}65 \times 0{,}725 + 2{,}2 \times 2{,}77 - 11{,}78 \times 1{,}05)/(33{,}65 \times 0{,}914 + 2{,}2 \times 0{,}76 + 11{,}78 \times 1{,}012) = 0{,}435 = 23° 30'$$

Сівалка завантажена:

$$tg\alpha = (33{,}65 \times 0{,}725 + 2{,}2 \times 2{,}77 - 12{,}45 \times 1{,}05)/(33{,}65 \times 0{,}914 + 2{,}2 \times 0{,}76 + 12{,}45 \times 1{,}012) = 0{,}170 = 9° 42'$$

3.2.3 Кінематика нового агрегату

Підчас сівби приймаємо спосіб руху човниковий з петлевим грушоподібним поворотом.

Визначаємо кінематичну довжину агрегату (2.16):

$$l_a = 1{,}3 + 1{,}8 = 3{,}1 \text{ м},$$

Кінематична ширина агрегату дорівнює (2.17):

$$d_{\text{к}} = 0{,}6 \times 5{,}6 = 3{,}36\text{м}$$

Визначаємо довжину виїзду агрегату на поворотну смугу (2.15):

$$e = 0{,}1 \times\ 3{,}1 = 0{,}31\ \text{м}$$

Визначаємо радіус повороту агрегату:

$$R = 1{,}6B_p \tag{3.10}$$

$$R = 1{,}6 \times 5{,}6 = 8{,}96\ \text{м}.$$

Довжина холостого ходу (2.19):

$$L_{\text{х}} = 6{,}03 \times 8{,}96 + 2 \times 0{,}31 = 54{,}6\text{м},$$

Визначаємо мінімальну ширину поворотною смуги:

$$E_{min} = d_k + 2{,}7\ R + e \tag{3.11}$$

$$E_{min} = 3{,}36 + 2{,}7 \cdot 8{,}96 + 0{,}31 = 27{,}9$$

Після визначення розрахункового значення ширини поворотної смуги E_{min} фактичне її значення приймається з умови (2.17):

$$n = E_{min}/B_p = 27{,}9/5{,}6 = 4{,}98$$

Округляємо до цілого числа в більшу сторону $n = 5$, тоді:

$$E_{\text{ф}} = 5 \times 5{,}6 = 28\ \text{м},$$

Приймаємо $E_{\text{ф}} = 28\text{м}$.

Визначаємо довжину робочого ходу (2.12):

$$L_p = 2000 - 2 \times 28 = 1944\ \text{м},$$

Одним з найважливіших показників будь-якого способу руху агрегату є коефіцієнт робочих ходів (φ) (2.20):

$$\varphi = \frac{L_p}{L_p + L_{\text{х}}} \tag{3.12}$$

$$\varphi = \frac{1944}{1944 + 54{,}6} = 0{,}97$$

3.4 Розрахунки з комплектування машинно-тракторного агрегата

По заданій марці СГМ та марці трактора визначаємо кількість машин в агрегаті, передачу трактора і робочу швидкість при роботі на даній передачі.

Для цього проводимо наступні розрахунки.

Вихідні дані для розрахунку:

- номінальна потужність трактора $Ne = 59$кН (двигун Д 245.5);

- вага трактора $G_т = 33{,}65$ кН;

- вага СГМ VEGA-8: $G_М = 16{,}45$ кН.

На основі технічних характеристик заданих сільськогосподарських машин [4, 5, 6, 7] або по табличним даними встановлюємо діапазон робочих швидкостей руху агрегату.

Допустима швидкість роботи 9 – 12 км/г.

Відповідно до тягової характеристики, або (у крайньому випадку) з технічної характеристики заданого трактора вибираємо три (або як мінімум дві) передачі, що забезпечують швидкості руху у прийнятому діапазоні [4, 5, 6, 7].

Це IV та V передачі.

$\upsilon_{IV} = 8{,}9$ км/год;

$\upsilon_V = 10{,}54$км/год.

За тяговою або технічною характеристикою трактора визначаємо робочу швидкість руху $\upsilon_р$ і номінальне тягове зусилля $P_{кр.н}$ для кожної передачі [4, 5, 6, 7]. Розрахунок проводимо для V передачі. Такий же розрахунок проведемо і для IV передачі.

Розрахунок тягових властивостей трактора починають з визначення дотичної сили тяги (2.2):

$$P_k = \frac{3{,}6 \cdot 59 \cdot 0{,}895}{9{,}275} = 20{,}5 \text{ кН}$$

Швидкість руху агрегату, відкориговану з урахуванням буксування трактора, називають робочою швидкістю (2.3):

$$\upsilon_р = 10{,}54 \times (1 - 0{,}01 \times 12) = 9{,}275 \text{ км/год.}$$

Розраховуємо силу зчеплення трактора з ґрунтом (2.4):

$$F = 33{,}65 \times 0{,}55 \times 0{,}67 = 12{,}4\text{кН.}$$

Порівнюючи сили $P_к$ і F, меншу з них приймаємо в якості рушійної сили трактора ($P_д$,кН):

$$P_д = F = 12{,}4 \text{ кН,}$$

Розраховуємо силу тяги на гаку трактора (2.5):

$$P_{кр} = 12{,}4 - 33{,}65 \cdot 0{,}1 - 33{,}65 \cdot 0.01 \cdot 1 = 8{,}699 \text{ кН},$$

Визначаємо опір агрегату з урахуванням впливу величини схилу (2.6):

$$R_{м} = 1{,}08 \cdot 5{,}6 - 12{,}45 \cdot 0{,}01 = 5{,}92 \text{ кН},$$

При роботі зі швидкістю $\upsilon_{\text{р}} > 5\text{км/год}$ необхідно вводити поправку на збільшення питомих опорів (2.8):

$$k_i = 1[1 + 0{,}02(9{,}275 - 5)] = 1{,}08 \text{ кН/м},$$

Визначаємо приведений тяговий опір:

$$R_{\text{пр}} = R_{\text{м}} + R_{\text{ввп}} \tag{3.13}$$

де $R_{\text{ввп}}$ - тягове зусилля, яке міг би додатково розвинути трактор, за рахунок потужності витраченої через ВВП, кН

$$R_{\text{ввп}} = 3{,}6 N_{\text{ввп}} \eta_{\text{м}} / \upsilon_{\text{р}} \eta_{\text{ввп}} \tag{3.14}$$

де $N_{\text{ввп}} = 8{,}5$- потужність на привід робочих органів СГМ, кВт;

$\eta_{\text{м}} = 0{,}895$ – ККД трансмісії; $\eta_{\text{ввп}} = 0{,}85$ – ККД механізму привода ВВП

$$R_{\text{ввп}} = 3{,}6 \cdot 5{,}1 \cdot \frac{0{,}895}{9{,}275} \cdot 0{,}85 = 2{,}1\text{кН},$$

$$R_{\text{пр}} = 5{,}92 + 2{,}1 = 8{,}02 \text{ кН}.$$

Визначаємо дійсний коефіцієнт використання тягового зусилля трактора:

$$\xi_{\partial} = \frac{R_{\text{м}}}{P_{\text{кр}}} = \frac{5{,}92 + 2{,}1}{8{,}699} = 0{,}92 \tag{3.15}$$

3.5 Обґрунтування та інженерний розрахунок конструкції

3.5.1 Розрахунок рами на міцність

Вихідні дані для розрахунку додаткової рами комбінованої машини на міцність наведені у таблиці

Таблиця 3.2 – Дані до розрахунку додаткової рами на міцність

Показник	Значення
1	2
Маса бочки	*G=4,2 кН*

Продовження таблиці 3.2

1	2
Модуль пружності	$E=2,15\cdot10^5$ МПа
Довжина бруса	l=950 мм
Марка сталі	Ст3 $[\sigma]$=160 МПа
Переріз бруса	540 МПа
Коефіцієнт запасу стійкості	3,5

Знаходимо силу P:

$$P = G_{\text{боч}}/2, \tag{3.16}$$

$$P = \frac{4200}{2} = 2100 \text{ Н}.$$

Коефіцієнт запасу стійкості:

$$h = sin\alpha \times l = 0,5 \times 0,95 = 0,475, \tag{3.17}$$

Розрахунок на стійкість

Визначаємо поздовжню гнучкість для матеріалу підкоса:

$$\lambda_{прц} = \pi\sqrt{\frac{E}{G_{пц}}} = 3,14\sqrt{\frac{2,15\cdot10^5\cdot10^6}{540\cdot10^6}} = 62,65 \tag{3.18}$$

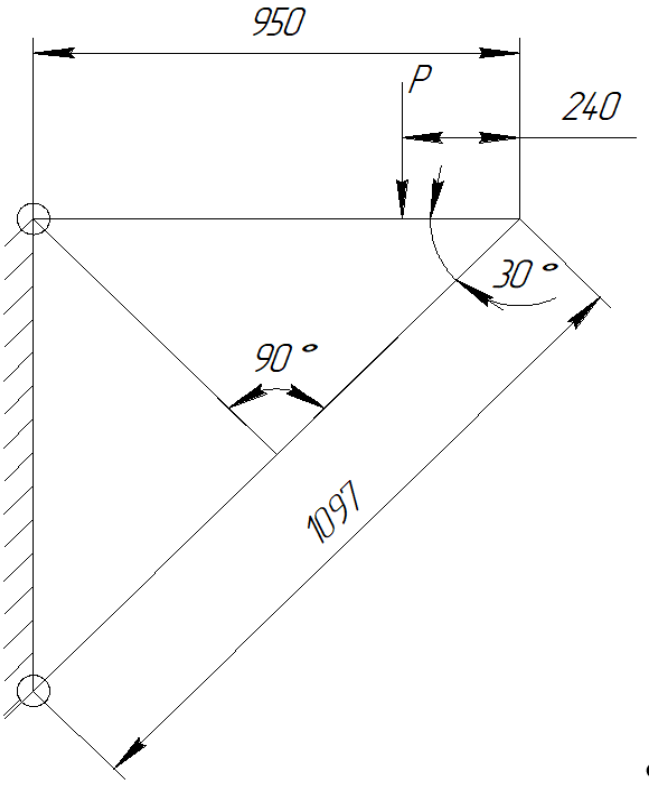

Рис. 3.1 Схема для розрахунку додаткової рами на міцність

Визначаємо момент інерції поперечного перерізу:

$$I = \frac{2b^3\delta}{12 + 2 - (b - 2\delta) \cdot \delta \cdot (\frac{b}{2} \cdot \frac{\delta}{2})} \quad (3.19)$$

$$I = \frac{0{,}002 \cdot 0{,}07^3}{6 + 2 \cdot 0{,}02(0{,}07 \cdot 2 \cdot 0{,}002) \cdot \left({}^{0{,}07}/_{2} - {}^{0{,}002}/_{2}\right)} = 87{,}2$$

Площа перерізу:

$$\text{А} = 0{,}07 \times 0{,}07 - 0{,}068 \times 0{,}068 = 3 \times 10^{-4}\text{м}^2,$$

Радіус інерції перерізу:

$$r = \sqrt{{}^{I}/_{A}} = \sqrt{{}^{87{,}2}/_{3}} = 5{,}39\text{ м} \quad (3.20)$$

Напруження:

$$\sigma = {}^{N}/_{\varphi A} \quad (3.21)$$

$$\sigma = {}^{3{,}14 \cdot 10^3}/_{0{,}967 \cdot 5{,}6 \cdot 10^{-4}} = 5{,}8\text{мПа} \leq 160\text{мПа}$$

Це задовольняє вимогам стійкості стержня:

$$A = \varphi H\delta = 4 \cdot 7 \cdot 0{,}2 = 5{,}6\text{ см}^2 = 5{,}6 \cdot 10^{-4}\text{м} \quad (3.22)$$

$$I_x = AH^2/6 = 5{,}6 \cdot 10^4 \cdot 49 \cdot 10^4/6 = 4{,}6 \cdot 10^7\text{м}^4 \quad (3.23)$$

$$i = n/\sqrt{6} = 0{,}07/\sqrt{6} = 28 \cdot 10^{-2}\text{м} \quad (3.24)$$

$$Я = (0{,}5 \cdot 1 \cdot 0{,}97)/(28 \cdot 10^{-2}) = 1{,}73 \quad (3.25)$$

$$Я = 1{,}73 \ \rightarrow \varphi_1 = 0{,}998. \quad (3.26)$$

Виходячи із результатів розрахунків можемо зробити висновок, що додаткова рама не схильна до поздовжнього згину. За такого низького значення гнучкості небезпека раптової втрати стійкості відсутня.

3.5.2 Розрахунок зварних з'єднань

Стикові з'єднання розраховують тільки за нормальним напруженням.

$$\sigma_p(c) = {}^{Q}/_{(lS)} \leq [\sigma_p(c)], \quad (3.27)$$

де $Q = 200\text{Н}$ – сила, що стискає з'єднання визначається з умови міцності з'єднуваних деталей;

$l = 0{,}1$м – довжина шва;

$S = 0{,}03$м – товщина з'єднуваних деталей;

$[\sigma_p(c)]$ - допустиме напруження

$$\sigma_p(c) = {}^{200}/_{0{,}1 \cdot 0{,}02} = 25000\,{}^{\text{Н}}/_{\text{м}^2},$$

$$\sigma_p(c) = 0{,}9[\sigma_p]. \tag{3.28}$$

Для сталі Ст3 $[\sigma_p] = 9000$ Н/м^2

$$\sigma_p(c) = 0{,}9 \cdot 9000 = 8100\text{Н/м}^2,$$

Рама обприскувача виготовляється з сталі Ст3. Умова міцності виконується:

$$\sigma_{\text{р}} > [\sigma_{\text{р}}] = 25000 > 8100 \tag{3.29}$$

3.5.3 Розрахунок вала на міцність

Потужність затрачена на привод насоса $N = 5{,}1$кВт

$$M_{\text{кр}} = N/\omega, \tag{3.30}$$

$$\omega = 1012\text{об/хв},$$

$$M_{\text{кр}} = 5{,}1 \times 103 \times 60\,/1013 \times 2 \times 3{,}14 = 80{,}2\text{ Нсм},$$

$$P = M_{\text{кр}} \times \frac{2}{Д_{\text{муфт.}}} = 80{,}2 \times \frac{2}{0{,}09} = 1782{,}2\text{ Н} \tag{3.31}$$

$$T_2 = T_1 = M_{\text{кр}} \times \frac{2}{Д_1} = 80{,}2 \times \frac{2}{0{,}08} = 2005\text{Н}, \tag{3.32}$$

$$P_1 = P_2 = T_1 cos20° = 1884{,}1\text{ Н}, \tag{3.33}$$

де $cos20°$ – кут зачеплення зубчатої передачі;

$$M_{\text{зг}} = \sqrt{(P_1 \cdot 0{,}09 + P_2 \cdot 0{,}04)^2 + (T_1 \cdot 0{,}09 + T_2 \cdot 0{,}04)^2} \tag{3.34}$$

$$M_{\text{зг}} = \sqrt{(1782{,}2 \cdot 0{,}09 + 1884{,}1 \cdot 0{,}04)^2 + (2005 \cdot 0{,}09 + 2005 \cdot 0{,}04)^2} =$$

$$= 351{,}4\text{Нсм}.$$

Визначаємо розрахункові моменти по третій теорії міцності:

$$M_p^{III} = \sqrt{M_{\text{зг}}^2 + M_{\text{кр}}^2} = \sqrt{80,2^2 + 351,4^2} = 360{,}4\text{Нсм} \tag{3.35}$$

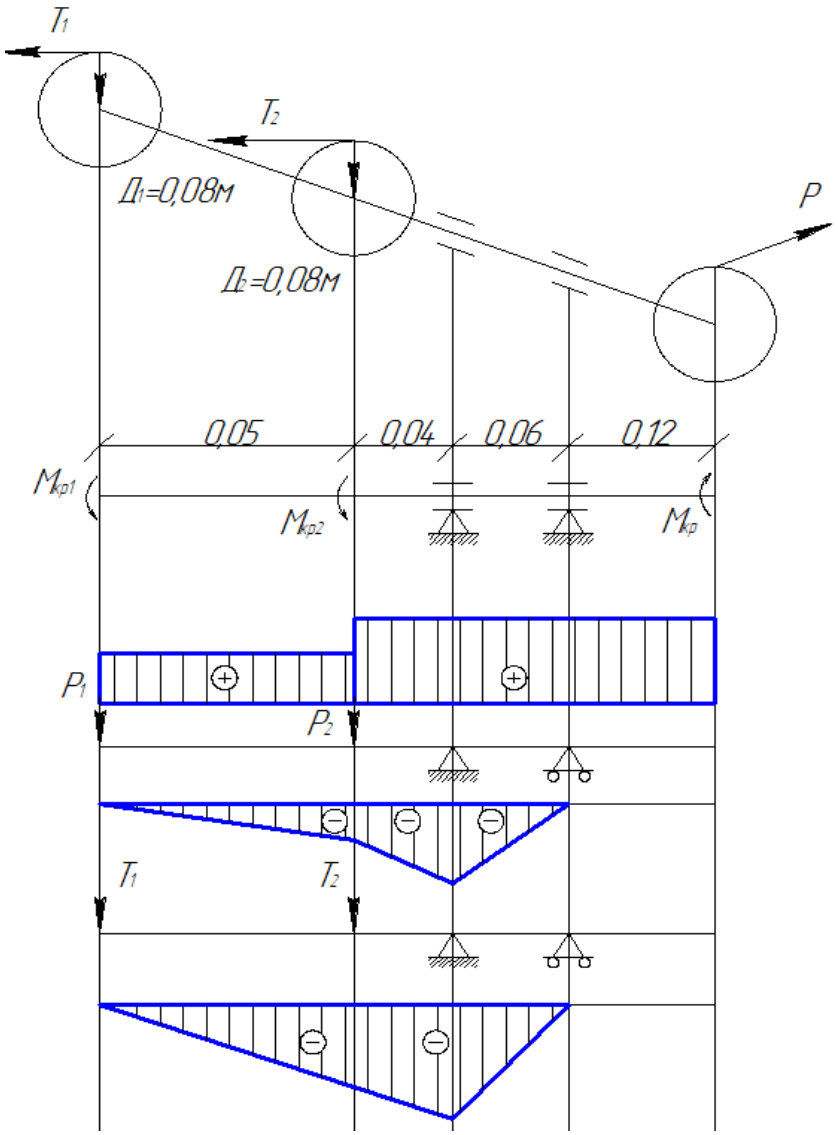

Рис. 3.2 Епюра крутного моменту

Умова міцності при розрахунку крутного моменту (вала) на сумісність дії згину та кручення.

$$\sigma_{max} = M_{\text{р}}/W_{\text{зг}} \leq [\sigma], \tag{3.36}$$

де $[\sigma] = 1800\text{м}/\text{см}^2$ – допустиме напруження

$$W_{\text{зг}} = \pi d^3/16 = 4{,}79 \tag{3.37}$$

$$\sigma_{\text{мах}} = 360{,}4/4{,}79 = 75{,}2 \leq [\sigma]$$

Якщо $\sigma_{\text{мах}} < [\sigma]$, то даний вал діаметром $d = 2{,}9$ см задовольняє умову міцності. Коефіцієнт запасу міцності повинен бути в межах $n_{\text{т}} = 1{,}5 - 8$.

$$n_{\text{т}} = \sigma_{\text{т}}/\sigma_{\text{мах}} \tag{3.38}$$

де $\sigma_{\text{т}} = 2400\text{Н}/\text{см}^2$.

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Безпека при використанні машинно-тракторного парку

Організація використання МТП господарства виконується відповідно до ДСТУ 12.2.061:2009 «Виробничі процеси. Загальні вимоги безпеки».

При виконанні робіт з комплексної механізації при використанні МТП найбільш небезпечними вважаються роботи з отрутохімікатами, мінеральними добривами і машинами безпосередньо пов'язаними з їх застосуванням.

Небезпечні фактори при комплексній механізації є такі:

рухомі машини і механізми, їх незахищені рухомі частини, підвищена запиленість і загазованість повітря робочої зони, підвищений рівень шуму і вібрації, а також психофізіологічний фактор.

Машини для захисту рослин мають пристрої для механізованого приготування і самозаправки ємкостей рідиною від заправних засобів. Проектом передбачається, що ємкості, з'єднувальні трубопроводи герметичні і виключають можливість підтікання рідини. Відповідно до ДСТУ EN ISO 7010:2019 «Спеціальні кольори та знаки безпеки» машини забезпечені спеціальними попереджувальними написами, які забороняють роботу обслуговуючого персоналу без засобів індивідуального захисту. На кожній машині є ємкість з водою, місткістю не менше 5 літрів для миття рук.

У дипломному проекті, при визначенні складу МТП віддається перевага тракторам МТЗ-892, ЮМЗ-10254Н, Т-150, Т-150К та ДТ-75м, що відповідають вимогам безпеки, регламентовані ДСТУ 7324:2013 «Самохідні сільськогосподарські трактори та машини».

Для забезпечення найбільшої безпеки руху сільгосптехніки під час проведення польових робіт визначаються маршрути руху і встановлюється контроль за їх дотриманням.

Трактори та машини забезпечені аптечками першої медичної допомоги, термосами питної води, місткістю 3 літри, дзеркалом заднього виду, пристроями для кріплення первинних засобів пожежогасіння.

Конструкція машин і тракторів забезпечує видимість з робочого місця оператора в робочому положенні сидячи, робочих органів, що вимагають візуального контролю при протіканні технологічного процесу, елементів конструкції, що служать для підвіски або зчіпки машин, а також огляд, що забезпечує максимальну орієнтацію на місцевості і під час руху.

Трактори обладнані фарами і плафонами внутрішнього освітлення. Кількість фар: задніх - дві, передніх - дві. Комбайни, крім того, обладнані кондиціонерами і склоочисниками.

Трактори й машини обладнані звуковими сигналами. Конструкція машин і тракторів виключає можливість самовільного включення і виключення передач та приводів робочих органів. Люфт рульового колеса при працюючому двигуні повинен бути не більше 15^0.

Гальмові системи тракторів забезпечують: зупинку і утримання машин на схилах, управління гальмами причепів, забезпечує безпеку роботи протягом регламентованого терміну служби, при забезпеченні проведення регулювань, передбачених інструкцією з експлуатації.

При роботі на полях з великим ухилом рельєфу слід використовувати трактори, у яких кути поперечної статичної стійкості 30 – 35^0.

Вибір сільськогосподарських машин проводиться відповідно з вимогами до навісних, причіпних та напівнавісних машин і регламентується ДСТУ ГОСТ 10677-2003 «Сільськогосподарська техніка навісна, напівнавісна. Загальні вимоги».

Найбільш повно приведеним вимогам відповідають сівалки СЗ-3,6 (Astra-3,6) плуги ПЛП-6,35, ПЛН-5,35 та інші СГМ.

Машини, ширина яких перевищує габарити енергетичного засобу, обладнуються світловідбивачами, задні світловідбивачі червоного, а передні білого кольору.

Рухомі і обертові частини машин огороджені щитками або кожухами згідно з ДСТУ 8751:2017.

У обприскувачах і обпилювачах включення подачі отрутохімікатів до робочих органів здійснюється з місця оператора енергетичного засобу.

Перед початком робіт роблять підготовку полів: відбивають поворотні смуги, очищають поле від каменів, небезпечні місця позначають прапорцями.

З метою створення належних побутових умов для механізаторів і обслуговуючого персоналу, в тракторних бригадах організовуються польові стани, які відповідають санітарно-гігієнічним вимогам. Територія польового стану утримується в чистоті, відходи і сміття регулярно прибираються за межі території і знищуються. Сміттєві ями передбачені не ближче 30м. від виробничих і житлових будівель, водойм. Всі санітарно-побутові приміщення, а також що знаходиться в них інвентар повинен міститься у справному стані згідно з ДБН В.2.2-28:2010 «Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення».

Місця для відпочинку механізаторів обладнані польовими кухнями, місцями для куріння, туалетами, душовими, бачками з питною водою в розрахунку 1 бачок на 20 осіб.

У проекті передбачено забезпечення спецодягом та засобами захисту механізаторів, слюсарів і робітників. З метою пожежної безпеки трактори забезпечуються вогнегасниками, відрами, лопатами. Місця відпочинку механізаторів та бригадні польові стани обладнуються пожежними щитами і засобами зв'язку для негайного виклику швидкої медичної допомоги і команд пожежної охорони.

З метою підвищення економічності даним проектом передбачається наступні заходи: заправка тракторів, автомобілів і іншої сільгосптехніки паливно-мастильними матеріалами проводиться на спеціально обладнаних майданчиках, що забезпечують мінімальне потрапляння ПММ у ґрунт; відпрацьована олива зливається в спеціальні ємкості; проводиться своєчасна регулювання тракторів для зменшення шкідливих вихлопів;

Робота машин для внесення отрутохімікатів і мінеральних добрив проводиться на відстані не менше 300 м від найближчих населених пунктів,

ферм, водойм з дотриманням всіх агротехнічних вимог для уникнення шкоди навколишньому середовищу.

Приготування мінеральних добрив і робочих розчинів пестицидів проводитися на спеціальних майданчиках з бетонним покриттям.

Зберігання шкідливих речовин здійснюється в спеціальних складських приміщеннях, розташованих не ближче 200 м від населених пунктів, ферм, водойм. Зберігання ПММ здійснюється в спеціальних ємностях, що виключають потрапляння ПММ у ґрунт.

Мийка машин проводиться на спеціально обладнаних майданчиках, які обладнані відстійниками або іншими очисними спорудами.

Розглянемо норми видачі спецодягу та інших засобів індивідуального захисту в таблиці 4.1

Таблиця 4.1 - Норми видачі спецодягу та інших засобів індивідуального захисту

Професія	Кількість	Найменування спецодягу та інших засобів індивідуального захисту	Термін носіння	Потрібно всього на 1 рік
Заправник	1	Комбінезон бавовняний з просоченням	12 міс.	1
Тракторист-машиніст	12	Комбінезон бавовняний пилонепроникний	12 міс.	12
		Рукавиці комбіновані	на квартал	12
		Окуляри захисні ПО-3	до зносу	12
Робітники, що працюють з отруто-хімікатами	4	Костюм бавовняний з кислотною пропиткою	12 міс.	4 комплекти
		Комбінезон бавовняний пилонепроникний	12 міс.	4 комплекти
		Чоботи гумові	до зносу	4 комплекти
		Фартух прогумований	до зносу	4 комплекти
		Рукавиці гумові	12 міс.	4 комплекти
		Респіратор РЦ-60М	12 міс.	4 комплекти
		Нарукавники прогумовані	12 міс.	4 комплекти

4.2 Безпека проектованого агрегату

Конструктивна розробка комбінованого агрегату для сівби та одночасного внесення гербіцидів проведена з урахуванням вимог ДСТУ 2189-93 «Сільськогосподарські машини навісні та причіпні. Загальні вимоги», а також ДСТУ-Н Б А.3.2-1:2007 «Шкідливі речовини. Класифікація, загальні вимоги безпеки». Агрегат складається з серійної сівалки VEGA-8 на якій розміщена ємність для отрутохімікатів.

З метою запобігання конструкції від поломок проведені розрахунки деталей і вузлів конструкції на міцність. У зв'язку з тим, що вага сівалки збільшується за рахунок ємності з отрутохімікатами, в проекті проведені розрахунки агрегату на поперечну та поздовжню стійкість.

При проектуванні агрегату особлива увага приділяється розташуванню вузлів і механізмів, забезпечуючи вільний доступ до них, безпеку при монтажі та експлуатації. Управління всіма механізмами здійснюється з кабіни трактора за допомогою гідравлічної системи. При підйомі і опусканні сівалки в гідросистемі створюється тиск 11,5 – 12,5 МПа, відповідно до цього тиску підбираються гідравлічні шланги. З метою попередження травматизму механізаторів при обслуговуванні й налагодженню агрегату у конструктивних деталей передбачені закруглення і фаски, притуплені гострі краї.

У запропонованій конструкції агрегату небезпечними зонами є вентилятор сівалки і ємність для гербіцидів, яка закріплена на виготовленій нами рамі. Згідно з ДСТУ EN ISO 7010:2019 «Кольори сигнальні та знаки безпеки» кожух приводу і рама пофарбовані в жовтий колір. Заправка ємності здійснюється закритим способом, горловина після заправки закривається герметично.

РОЗДІЛ 5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

В умовах ринкових відносин багато фермерських господарств за заявками інших господарств надають їм механізовані послуги, тобто виконують лущення стерні, дискування ґрунту, оранку, проводять посівні і збиральні роботи і т.д.. Для організації розрахунків за надані механізовані послуги необхідна одиниця вимірювання витрат на їх виконання. В якості такої одиниці найчастіше беруть собівартість одиниці механізованих робіт.

Якщо взаєморозрахунки здійснюють між виробничими підрозділами всередині одного господарства, то в собівартість одиниці механізованих робіт, як правило, включають тільки прямі експлуатаційні витрати на їх виконання. Якщо механізовані послуги надають іншим господарствам, то при обґрунтуванні собівартості одиниці механізованих робіт враховують не тільки прямі експлуатаційні витрати, але й накладні витрати. Якщо при посіві будь-яких сільськогосподарських культур використовують насіння замовника, то вартість насіння в собівартість одиниці виконаної роботи не включають. Аналогічно роблять при внесенні мінеральних та органічних добрив або при обприскуванні сільськогосподарських культур.

Важливо також розуміти, що багато сільськогосподарських робіт можна виконувати різними за складом машинними агрегатами. Ці агрегати мають різну погектарну витрату палива, різну змінну продуктивність і, звісно ж, різні величини прямих експлуатаційних витрат на один гектар посівної площі. У подібних ситуаціях аналіз собівартості одиниці виконаної роботи за прямими експлуатаційним витратам, проведений сумісно з аналізом інших техніко-економічних показників, дозволяє вибрати один найбільш ефективний агрегат з усієї сукупності взаємозамінних агрегатів.

Оскільки параметри оброблюваних полів (розміри, рельєф, форма) можуть змінюються досить значно [9], аналізувати собівартість одиниці виконаної роботи слід не для одного якого-небудь конкретного поля, а для всіх полів або основних груп полів. Встановлено [9], що переваги і недоліки взаємозамінних

машинних агрегатів при значній зміні розмірів, рельєфу і форми оброблюваних полів перерозподіляються: найбільш ефективні агрегати для обробки одних полів стають неефективними при роботі на інших полях. При обробці різних за розмірами, рельєфу й форми полів необхідно маневрувати різними за складом агрегатами, але таке маневрування має ґрунтуватись на результатах аналізу собівартості одиниці виконуваної роботи.

При розрахунку прямих експлуатаційних витрат враховують:

- оплату праці механізаторів і допоміжних працівників;
- вартість витрачених паливно-мастильних матеріалів;
- відрахування на реновацію машин, що входять до складу агрегату;
- відрахування на ремонт і технічне обслуговування.

Питомі витрати на оплату праці *($C_{зп}$* грн*)* механізаторів і працівників розраховують за формулою:

$$C_{зп} = \frac{\kappa_{зп} \cdot (\kappa_{нк} \cdot m_{мех} \cdot f_{мех} + m_{доп} f_{доп})}{W_{зм}} \qquad (5.1)$$

де $\kappa_{зп}$ - коефіцієнт нарахувань на заробітну плату *(*$\kappa_{зп} = 1{,}49$ [6]);

$\kappa_{нк}$ - коефіцієнт, що враховує надбавку за класність;

$m_{мех}$, $m_{доп}$ - кількість трактористів-машиністів та допоміжних працівників, які обслуговують агрегат у процесі виконання технологічних операцій;

$f_{мех.}$ $f_{доп}$ - тарифні ставки трактористів-машиністів та допоміжних працівників за 7-годинну зміну, грн./зм;

$W_{зм}$ - змінна продуктивність машинних агрегатів, га/зм; т/зм; км/зм; м^3/зм.

Вартість паливно-мастильних матеріалів *($C_{пмм}$, грн.)*розраховують виходячи з витрати палива на одиницю виконаної роботи та комплексної ціни палива:

$$C_{пмм} = g\text{Цк}\,, \qquad (5.2)$$

де g - витрата палива на одиницю виконаної роботи, кг /га; кг /т; кг /т-км;

Цк - комплексна ціна палива, грн/кг.

Відрахування на реновацію, ремонт і технічне обслуговування машин що входять до складу агрегату, простіше розраховувати для кожної марки окремо. Спочатку розрахунки проводять для трактора (комбайна або іншого енергетичного засобу):

$$C_{тр} = \frac{Б_{тр}}{100 \cdot W_{год} \cdot T_{.тр}} \left(a_{р.тр} + a_{к.р.тр} + a_{р.то.тр}\right) \qquad (5.3)$$

де $C_{тр}$ - відрахування на реновацію, капітальний, поточний ремонт і технічне обслуговування трактора, грн. /га; грн /т; грн. /т-км; грн./ м^3

$Б_{тр}$ - балансова вартість трактора, грн;

$W_{год}$ - годинна продуктивність машинного агрегату, га/год; т/год; т-км/год;

$T_{г.тр}$ - річне нормативне завантаження трактора, год;

$a_{р.тр}$ - норматив відрахувань на реновацію трактора,%;

$a_{к.р.тр}$ - норматив відрахувань на капітальний ремонт трактора,%;

$a_{р.то.тр}$ - норматив відрахувань на поточний ремонт і технічне обслуговування трактора,%

До складу машинного агрегату може входити одна сільськогосподарська машина (плуг, лущильник, плоскоріз і т.д.), або кілька однакових сільськогосподарських машин (культиватори, борони зубові, зернові сівалки і т.д.) або декілька різних сільськогосподарських машин (комбіновані агрегати). Структура формул для розрахунку відрахувань на реновацію, ремонт і технічне обслуговування машин що входять до складу агрегату не залежить від їх марок:

$$C_{м} = \frac{Б_{м} \cdot n_{м}}{100 \cdot W_{год} \cdot T_{.м}} \left(a_{р.м} + a_{р.то.м}\right) \qquad (5.4)$$

де $n_{м}$ - кількість однакових (однієї марки) машин в агрегаті, шт.

Далі розраховують собівартість одиниці механізованих робіт за прямими експлуатаційним витратам *($C_{е.в}$ грн/га; грн/т; грн/т-км; грн/м^3).*

$$C_{\text{е.в.}} = C_{\text{зп}} + C_{\text{пмм}} + C_{\text{тр}} + C_{\text{м}}\ , \qquad (5.5)$$

Техніко-економічне обґрунтування конструкції будемо проводити в порівнянні з базовими агрегатами для посіву та внесення гербіцидів:

МТЗ-892+VEGA-8;

МТЗ-892+ОН-400;

МТЗ-892+VEGA-8+ОН-400

Агрегат МТЗ-892+ОН-400

$$C_{зп} = \frac{1{,}49 \cdot (1 \cdot 170{,}45)}{156} = 1{,}63\text{грн}$$

де $m_{мех} = 1$;

$f_{мех}$=170,45 - оплата на обприскуванні проводиться по 6-му розряду;

$W_{зм}$=156 га/зм - типова норма виробітку для агрегату МТЗ-892+ОН-400.

$$C_{\text{пмм}} = 0{,}3 \times 86 = 25{,}80\text{грн},$$

де $g = 0{,}3\text{л/га}$;

Цк = 86 грн

Для трактора МТЗ-892

$$C_{тр} = \frac{134560}{100 \cdot 22{,}29 \cdot 1600}(10 + 5 + 8) = 0{,}87 \text{ грн}$$

де *$Б_{тр}$=134560* грн;

$W_{год}$=22,29 га/год;

$T_{г.тр}$=1600 год;

$a_{р.тр}$=10%;

$a_{к.р.тр}$=5%;

$a_{р.то.тр}$=8%

Для машини ОН-400

$$C_{м} = \frac{17209 \cdot 1}{100 \cdot 4{,}5 \cdot 500}(20 + 13) = 2{,}52 \text{ грн}$$

де *$Б_{м}$=17209 грн;*

$T_{м}$=500 год;

$n_{м}$=1;

$a_{рм}$=20%;

$a_{р.то.м}$=13%

$a_{р.то.тр}$=8%

Для машини VEGA-8: Таблиця 5.1

$$C_м = \frac{121711}{100 \cdot 3{,}58 \cdot 70}(14{,}2 + 4{,}5) = 90{,}82 \text{ грн}$$

де $Б_м$=121711грн;

$T_м$=70 год;

$n_м$=1;

$a_{рм}$=14,2%;

$a_{р.то.м}$=4,5%

$$C_{\text{е.в.}} = 1{,}63 + 20{,}80 + 0{,}87 + 2{,}52 + 90{,}82 = 116{,}64\text{грн},$$

Вихідні дані і техніко - експлуатаційні характеристики агрегатів, а також результати розрахунків експлуатаційних затрат і капітальних вкладень на одиницю виконаної роботи показані в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 - Вихідні дані й розрахунок експлуатаційних витрат на 1 га при посіві кукурудзи на силос

Показники	Позначення	Одиниці виміру	Варіант	
			Базовий	Новий
1	2	3	4	5
А. Вихідні дані				
Агрегатується з трактором	-	-	МТЗ-892	МТЗ-892
Ширина захвата	$B_р$	м	5,60	5,60
Маса:				
- трактора	$G_{тр}$	кг	3160	3160
- сівалки	$G_м$	кг	1245	1645
Ціна балансова:				
- трактора	$Ц_{бт}$	грн	134560	134560
- сівалки	$Ц_{бм}$	грн	121711	121711
- обприскувача	$Ц_{боп р}$	грн	17209	18930
Кількість обслуговуючого персоналу	$N_т$	люд	1	1
Тарифна ставка за годину роботи тракториста	$f_{ст}$	грн	170,45	170,45

Продовження таблиці 5.1

1	2	3	4	5
Витрата пального на 1 га	$Q_{га}$	л/га	3,1	3,1
Ціна 1 літра комплексного палива	$Ц_п$	грн	86	86
Продуктивність за годину роботи	$W_е$	га/год	3,17	4,5
Річна продуктивність агрегату	$W_{год}$	га/год	1085	1790
Річне завантаження:				
- трактора	$T_{тр}$	год	1600	1600
- сівалки	$T_с$	год	70	70
- обприскувача	$T_{опр}$	год	500	500
Коефіцієнт ефективності капітальних вкладень	E	-	0,15	0,15
Б. Розрахунок				
Прямі експлуатаційні затрати	$U_п$	грн	61,32	51,64
Питомі капітальні вкладення на 1 га	$K_{пит}$	грн	154,8	94,3
Приведені затрати	$U_{пит}$	грн	75,12	53,34
Річний економічний ефект	$E_р$	грн	38986,0	
Термін окупності капітальних вкладень	$T_к$	років	0,1	

Як видно з викладених вище розрахунків сумарні експлуатаційні витрати на посів і внесення гербіцидів окремими агрегатами, перевищують витрати на ці ж операції, що виконуються одним, комбінованим агрегатом на 15,7%. Також можна відзначити, що витрата гербіциду при внутрішньо ґрунтовому внесені буде в 2 – 3 рази менше, ніж при суцільному його внесені, а отже і витрати на обробіток одиниці площі знизяться в 2 – 3 рази. Річний економічний ефект складає 38986,0 грн, а строк окупності 0,1 року.

ВИСНОВКИ

В даному дипломному проекті бакалавра наведений один із варіантів використання машинно-тракторного парку конкретно для умов ТОВ «САДАГРО» Черкаської області Звенигородського району. Дипломним проектом передбачається максимальне використання машинно-тракторного парку, яке відповідає всім вимогам сучасного сільськогосподарського виробництва, що дозволяє виконувати сільськогосподарські роботи якісно і в задані терміни, що в кінцевому результаті призведе до підвищення якісного і кількісного складу продукції, що виробляється.

Впровадження запропонованої комбінованої сівалки VEGA-8 з одночасним внесенням гербіцидів дозволяє скоротити витрату гербіциду, а також затрати праці і витрату палива на виконанні даних операцій.

Річний економічний ефект складає 38986,0 грн, а строк окупності 0,1 року.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Програма розвитку кормовиробництва Сумської області на період 2011-2015 рр. М. Г. Собко, В. О. Опара, Н. А. Собко. Суми: ВАТ «СОД» видавництво «Козацький вал», 2010. – 42 с.

2. Цилюрик О. І. Ефективність мінімального обробітку ґрунту під кукурудзу в умовах Північного Степу України. Вісник Дніпропетровського державного аграрноекономічного університету. 2016. №2 (40). С. 5–9.

3 Лебідь Є.М., Цилюрик О. І. Відтворення родючості чорноземів та продуктивність короткоротаційних сівозмін степу залежно від системи мульчувального обробітку ґрунту. Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони. 2014. № 6. С. 8–14.

4. ТОП-10 країн із вирощування кукурудзи у 2019 році. URL: http://uga.ua/news/top-10-krayin-z-viroshhuvannya-kukurudzi-v-2019-rotsi.

5. Паламарчук В.Д., Дідур І.М., Колісник О.М., Алексєєв О.О. Аспекти сучасної технології вирощування висококрохмальної кукурудзи в умовах Лісостепу правобережного: монографія. Вінниця: ТОВ Друк. 2020. 536 с

6. Шпаар Дитер, Кукуруза: выращивание, уборка, хранение и использование. К: ИД «Зерно», 2012. 462 с.

7. Маслак О. М., Кабанець В. М., Собко М. Г. та ін. Кукурудза: технології, нюанси, рекомендації фахівців. Сад: Інститут сільського господарства Північного Сходу, 2020. 48 с.

8. Лень О. І., Тоцький В. М., Гангур В. В., Єремко Л. С. Вплив системи удобрення та основного обробітку ґрунту на продуктивність гібридів кукурудзи. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2021. № 2. С. 53-58.

9. Дацько О.М., Захарченко Е.А. Особливості впливу основного обробітку ґрунту при вирощуванні кукурудзи. Аграрні інновації. 2022. №13. С. 46-52.

ДОДАТКИ

№ розділу	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	№ екз.	Примітка
			Текстові документи			
1	А4	01.01. ДП. 1612 «С» 2026.06.01.	Пояснювальна записка			
		014 ПЗ				
			Графічні матеріали			
2	А1	01.01 ДП. 010.00.00.000. ЗВ	Сівалка комбінована	2		
			(VEGA-8+ОН-400)			
3	А1	01.01 ДП. 010.00.09.000. СК	Рама обприскувача	1		
4	А1	01.01 ДП. 010.00.00.000. ОП	Операційна карта на	1		
			виконання сівби			
5	А1	01.01 ДП. 010.00.00.000. ТК	Технологічна карта	1		
6	А1	01.01 ДП. 010.00.00.000. ЕП	Техніко-економічні	1		
			показники			
			Кресленики деталей			
7	А3	01.01 ДП. 010.00.22.000. СК	Вал привода насоса	1		
8	А3	01.01 ДП. 010.00.12.000. СК	Штанга	1		
9	А4	01.01 ДП. 010.00.12.001.	Заглушка	1		
10	А4	01.01 ДП. 010.00.21.000. СК	Напівмуфта	1		
11	А4	01.01 ДП. 010.00.09.001.	Планка	1		
12	А4	01.01 ДП. 010.00.21.002.	Маточина	1		

Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата	01.01. ДП. 1612 «С» 26.06.01. 014 ПЗ			
Розроб.		Майстренко			Відомість дипломного проекту	Літ	Аркуш	Аркушів
Перев.		Гуменюк						
Н. контр						**НУБіП України**		
Затв.								