

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра галузевого машинобудування та агроінженерії






ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ

ОС «Бакалавр»

Тема «КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ КОМБІНОВАНОГО
ҐРУНТООБРОБНОГО ЗНАРЯДДА ДЛЯ ПЕРЕДПОСІВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ»

Галузь знань 20 Аграрні науки та продовольство
Спеціальність 208 Агроінженерія

Шифр ДПАіс 25.07.00.00.000 ПЗ

Студент гр. АІс-22-1 Мельников А.Д.
Керівник роботи  д.т.н., проф. Шевченко І.А.
Нормоконтролер  к.т.н, доц. Лук'янюк М.В.
До захисту допускаю: к.т.н., доц. Мартинюк А.В.
Завідувач кафедри ГМ та АІ    2025 р.

Хмельницький, 2025 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет «Інженерії, транспорту та архітектури» Кафедра «Галузевого
машинобудування та агроінженерії»

Спеціальність 208 - Агроінженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедрою «Галузевого машинобудування
та агроінженерії»

доц. Мартинюк А.В.

“ ____ ” _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТОВІ

МЕЛЬНИКОВ АНДРІЙ ДМИТРОВИЧ

АІс-22-1

1. Тема дипломного проекту (роботи):

**«КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ КОМБІНОВАНОГО
ҐРУНТООБРОБНОГО ЗНАРЯДДЯ ДЛЯ ПЕРЕДПОСІВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ»**

Затверджена наказом по університету від “ ____ ” _____ 2025 р. № ____

2. Термін задачі студентом закінченого проекту (роботи) 01 червня 2025 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи): Тип ґрунту – дерново-підзолисті, вологість ґрунту 18-24 %, тип трактора – класу 1.4-2, швидкість руху – 10...12 км/год., глибина обробітку – до 14 см, тип основних робочих органів – пружні U-подібні (подвійні).

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити):

1 - Обґрунтування теми дипломного проекту. 2 - Обґрунтування конструктивно-технологічної схеми та параметрів робочих органів комбінованого знаряддя для передпосівного обробітку ґрунту. 3 - Операційно-технологічної карти для передпосівного обробітку ґрунту. 4 - Безпека життєдіяльності. 5 - Техніко-економічне обґрунтування застосування знаряддя для передпосівного обробітку ґрунту.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1 – Методика проектування пружних стійок. 2 – Комбіноване знаряддя. 3, 4 – Робочий орган та робочі креслення деталей. 4 – Аналіз процесів аварійних і травмонебезпечних

					ДПА/с 25.07.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

ситуацій при роботі на комбінованому ґрунтообробному агрегаті. 5 – Техніко-економічні показники проекту.

6. Консультанти проекту (роботи), із зазначенням розділів проекту, що стосуються їх

Розділ	Консультант	Підпис дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 03.02.2025 р.

Керівник _____ проф. Шевченко І.А.

Завдання прийняв до виконання _____ Мельников А.Д.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	1 розділ	січень 2025 р.	
2	2 розділ	лютий 2025 р.	
3	3 розділ	березень 2025 р.	
4	4 та 5 розділи	травень 2025 р.	

Студент-дипломник _____ Мельников А.Д.

Керівник проекту _____ проф. Шевченко І.А.

					<i>ДПА/с 25.07.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

№ строки	Формат	Позначення	Найменування	Кіл-сть аркушів	Номер аркуша	Примітка
1						
2	A4	ДПАІс 25.07.00.00.000 ПЗ	Розрахунково - поясню-			
3			вальна записка	85		
4						
5	A1	ДПАІс 25.070. 110000	Аналіз типів робочих			
6			органів у складі знарядь			
7			для передпосівного			
8			обробітку ґрунту	1	1	
9	A1	ДПАІс 25.070. 210000 ВЗ	Знаряддя для передпо-			
10			сівного обробітку	1	2	
11			ґрунту			
12	A1	ДПАІс 25.070. 210500 СК	Пружний робочий орган	1	3	
13	A2	ДПАІз 25.070. 210501	Лапа розпушувальна	1	4	
14	A3	ДПАІз 25.070. 210504	Ресора	1	5	
15	A3	ДПАІз 25.070. 210509	Хомут	1	5	
16						
17	A1	ДПАІс 25.070. 310000	Операційно-технологічна			
18			карта	1	6	
19	A1	ДПАІс 25.070. 410000	Карта контролю роботи зна-			
20			знаряддя за показниками			
21			безпеки	1	7	
22	A1	ДПАІс 25.070. 510000	Порівняльні показники			
23			техніко-економічної			
24			ефективності	1	8	
25						

					ДПАІс 25.07.00.00.000 ВДП							
Змін	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	Відомість дипломного проекту			Літ	Арку	А		
Розроб.		Мельников						i		1	1	
Перев.		Шевченко						<i>ХНУ, ГМАІ, 22-1</i>				
Н.контр.		Лук'янюк										
Затв.		Мартинюк										

					ДПАІс 25.07.00.00.000 ПЗ				Арк.	
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						12

АНОТАЦІЯ

Даний дипломний проект складається з пояснювальної записки і графічної частини. Пояснювальна записка містить у собі наступні елементи: 85 сторінки формату А4, 5 розділів, 16 рисунків, 14 таблиць, 82 формули, додатку, 22 літературних джерела. Графічна частина складається з 2 аркушів формату А1, 1 аркуша формату А2, 2 аркушів формату А3.

Мета роботи – вибір і оптимізація конструктивних і технологічних параметрів робочого органа на U- подібній пружній стійці.

Методи досліджень – аналіз існуючих знарядь для проведення передпосівного обробітку ґрунту; вивчення фізико-механічних властивостей ґрунту й обробіток результатів дослідів, аналіз і розрахунок параметрів робочого органа на U- подібній.

Результати – на основі досліджень в якості перспективного робочого органа комбінованого знаряддя для поверхневого обробітку ґрунту був обраний робочий орган на пружній U- подібній стійці та обґрунтовано раціональні режими роботи знаряддя.

Річний економічний ефект від упровадження розробленої конструкції знаряддя в порівнянні з розповсюдженим агрегатом FORWARD 5 складає близько 51516 гривень.

Ключові слова роботи: *передпосівний обробіток ґрунту, комбіноване знаряддя для передпосівного обробітку ґрунту, робочий орган на U- подібній пружній стійці.*

					ДПА/с 25.07.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕМИ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ.....	9
1.1 Технологічне завдання для передпосівного обробітку ґрунту	9
1.2 Аналіз тенденцій розвитку машин для передпосівного обробітку ґрунту.....	14
1.3 Класифікація машин для передпосівного обробітку ґрунту	20
1.4 Огляд конструктивно-технологічних схем машин для передпосівного обробітку ґрунту.....	23
1.5 Висновки за розділом	29
2 ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ЗНАРЯДДЯ ДЛЯ ПЕРЕДПОСІВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ.....	30
2.1 Рух елемента скиби по поверхні клина	30
2.2 Визначення питомого тягового опору робочого органа	32
2.3 Розміщення робочих органів на рамі знаряддя	33
2.4 Амплітудно-частотна характеристика пружної стійки.....	36
2.5 Розрахунок на міцність U- подібної пружини	44
2.6 Висновки за розділом.....	45
3 РОЗРАХУНОК ОПЕРАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КАРТИ ДЛЯ ПЕРЕДПОСІВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ КОМБІНОВАНИМ ҐРУНТООБРОБНИМ ЗНАРЯДДЯМ	46
3.1 Розрахунок складу і режиму руху машинно-тракторного агрегату.....	47
3.2 Розрахунок годинної витрати палива на холостому ході МТА	52
3.3 Організація роботи агрегата в загоні	56
3.4 Розрахунок показників ефективності роботи агрегату.....	58
3.5 Прямі експлуатаційні витрати при використанні агрегату.....	60
3.6 Висновок за розділом.....	63
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ.....	64

4.1 Аналіз конструкції агрегату для передпосівного обробітку ґрунту на наявність небезпечних і шкідливих виробничих факторів.....	64
4.2 Розробка заходів щодо усунення можливих недоліків при роботі агрегату для передпосівного обробітку ґрунту	67
4.3 Вимоги безпеки при експлуатації знаряддя.....	70
4.4 Висновки за розділом.....	72
5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУТУВАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ЗНАРЯДДЯ ДЛЯ ПЕРЕДПОСІВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ	73
5.1 Висновки за розділом.....	77
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	78
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	79
ДОДАТКИ.....	81

1 ОБГРУНТУВАННЯ ТЕМИ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

1.1 Технологічне завдання для передпосівного обробітку ґрунту

Мінімалізація механічного обробітку ґрунту – це одна з основних тенденцій у розвитку сучасних ресурсощадних технологій рослинництва. Зокрема, цей важливий напрямок удосконалення агротехнологій найбільш активно впроваджується при механізованому вирощуванні сільськогосподарських культур в якості „зелених добрив” та для енергетичного використання. На жаль, технічне забезпечення потреб мінімалізації механізованого обробітку ґрунту не відповідає сучасним потребам агропромислового виробництва, бо в основному продовжує базуватись на окремих одноопераційних машинах, які не здатні на новітньому технологічному рівні задовольнити операційні технології [1].

При цьому деякі перспективні ґрунтообробні машини (наприклад, чизель-культиватори) на початку нового століття в Україні майже не випускаються, а ті, що виробляються, обслуговують перехідні від традиційних технології. Тобто, технологічному розвитку операцій механізованого обробітку ґрунту у рослинництві перешкоджає певне технічне відставання (рис.1.1).

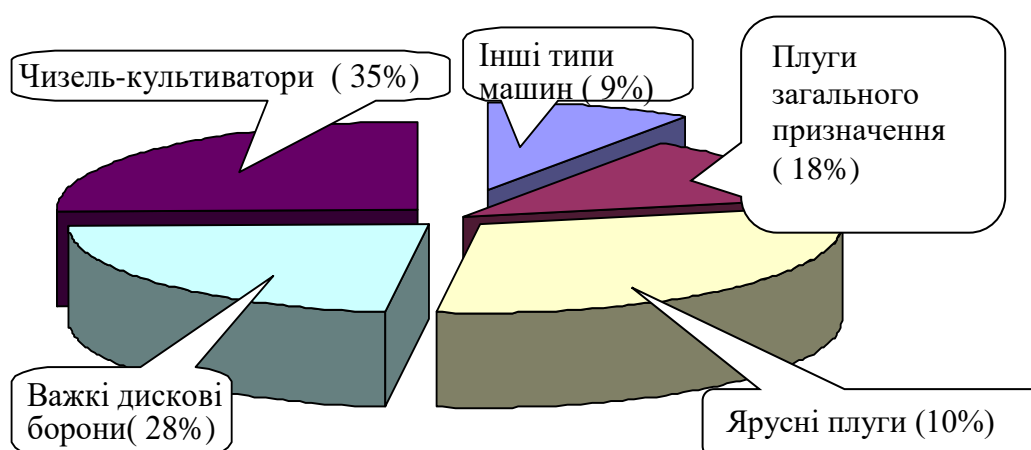


Рис. 1.1 Прогнозоване співвідношення ґрунтообробних машин різних типів при вирощуванні основних сільськогосподарських культур в Україні у 2010 році [1]

Отже, в Україні досі інерційно зберігається система механізованих технологій вирощування основних сільськогосподарських культур на основі одноопераційних, послідовно працюючих машин і знарядь. Вона характеризується достатньо великою кількістю проходів різних машинно-тракторних агрегатів по полю. Кожне з цих одноопераційних знарядь має свої особливості, а застосування їх певної послідовності до кінця не вивчене. Що стосується визначення раціонального поєднання різних груп ґрунтообробних робочих органів в одній комбінованій машині, їх взаємного впливу на якість та енергомісткість механізованого обробітку ґрунту, адаптованості до певних груп сільськогосподарських культур, то даний напрямок наукових досліджень є актуальним, потребує відповідного обґрунтування й ретельної розробки.

Слід підкреслити, що сучасні механізовані технології вирощування означених зернових колосових і олійних культур (на базі багатофункціональних й багатоопераційних машин та тракторів високої потужності), які знаходять своє розповсюдження в країнах Центральної Європи та Північної Америки, істотно відрізняються від традиційних вітчизняних. Спроби прямого перенесення західних технологій для обслуговування вітчизняного рослинництва, як правило, не призводили до досягнення бажаних високих результатів [2]. Характерною в таких випадках є необхідність відповідної науково-практичної адаптації та доцільної технічної модернізації новітніх технологічних рішень щодо зонально-кліматичних, погодних і виробничих умов України. Це наочно демонструють порівняльні характеристики сучасних технологій вирощування основних сільськогосподарських культур, одержані Інститутом землеробства НААН (табл.1.1).

При мінімалізації механізованого поверхневого обробітку ґрунту мілкий (на 8...16 см) у деяких випадках, коли стислі агротехнічні строки виконання посіву підпирають, може одночасно виконувати й роль передпосівного, з відповідним виконанням його функцій. Передпосівний обробіток ґрунту

					<i>ДПА/с 25.07.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

призначений для забезпечення посівних кондицій ґрунтового середовища у відповідності з потребами сільськогосподарських культур.

Таблиця 1.1

Продуктивність сільськогосподарських культур при різних технологіях вирощування, ц/га*

Назва сільськогосподарської культури	Механізовані технології вирощування культур		
	Вітчизняні		Західні
	Традиційні	Дослідні	
Пшениця	40...44	75...98	75...82
Ячмінь	30...35	70...80	55...65
Кукурудза	40...42	88...110	90...103
Цукрові буряки	280...320	550...650	420...500

* за даними ІЗ НААН

Основні функції, що покладені на передпосівний обробіток ґрунту, та знаряддя для їх реалізації наведені нижче:

- розпушення верхнього шару ґрунту (культиватори, борони зубові, фрезерні культиватори з вертикальною віссю обертання робочих органів);
- вирівнювання поверхні поля (культиватори, вирівнювачі, зубові борони, фрезерні культиватори);
- підрізання бур'янів (культиватори, фрезерні культиватори з горизонтальною віссю обертання робочих органів);
- ущільнення ґрунту (котки кільчато-шпорові, кільчато-зубові, пруткові тощо).

Дані функції можна виконувати послідовним застосуванням одноопераційних знарядь або об'єднанням різних робочих органів у комбіновані агрегати.

Вимоги до передпосівного обробітку ґрунту обумовлені особливостями сільськогосподарських культур (табл. 1.2).

Таблиця 1.2

Агротехнічні вимоги зернових та олійних культур суцільного посіву, зокрема для енергетичних потреб, до ґрунтового середовища при мінімалізації його механізованого обробітку

Найменування показника, одиниця виміру	Пшениця	Ячмінь	Жито	Ріпак	Гірчиця	Рижій
1. Потужність родючого шару мінімальна, см	22	20	20	22	20	20
2. Глибина обробітку, см	12...16	10...16	10...16	8...16	8...16	8...12
3. Глибина посіву, см	3...8	4...8	3...8	2...3	1...2	1...2
4. Шар (см) розміщення коріння (%)	0...16 70	0...16 75	0...16 75	0...16 70	0...16 80	0...16 85
5. Щільність обр. ґрунту, г/ см ³	1,0...1,2	1,0...1,2	1,0...1,2	1,0...1,1	1,0...1,1	1,0...1,1
6. Розмір (мм) та вміст (%) основної фракції часток ґрунту	5,0... 25,0 > 75	5,0... 25,0 > 75	5,0... 25,0 > 75	5,0... 20,0 > 75	5,0... 10,0 > 75	5,0... 10,0 > 75
7. Вирівняність поверхні поля, см	2,0...2,2	2,0...2,2	2,0...2,2	1,8...2,0	1,5...1,8	1,5...1,8
8. Ступень підрізання бур'янів, %	100	100	100	100	100	100
9. Ступен збереж. стерні, %	25...40	25...40	25...40	15...30	15...30	15...30
10. Глибина загортання добрив, см	5...15	5...12	5...12	5...15	3...15	3...10
11. Винос поживних речовин, кг/ т :						
• азоту	32	20				
• фосфору	11	15				
• калію	16	14				

Більшість культур потребують ущільненого шару ґрунту в насіннєвому та під насіннєвому просторі. А раціональні межі щільності для більшості культур укладаються між 0,9 та 1,3 г/см³. Цим пояснюється доцільність на чистих від рослинних решток природної щільності фонах застосовувати нульовий або мінімальний обробіток ґрунту (реалізуючи прямий посів).

З огляду на це, перспективним напрямком розвитку знарядь для поверхневого та передпосівного обробітків ґрунту є суміщення кількох різнопланових робочих органів в одній комбінованій машині, збільшення ширини захвату нових знарядь. Агрегати на їхній базі в порівнянні з аналогами мають продуктивність на 40-60% вищу, економлять час, зберігають вологу в ґрунті, сприяють відтворенню родючості ґрунтів. В Україні розроблено конструкцію широкозахватного важкого культиватора-розпушника секційного КПШ-10, шириною захвату 10 м для агрегування з тракторами класу 30 кН. Пройшов випробування комбінований агрегат АКГМ-6 для передпосівного обробітку ґрунту (розпушування, вирівнювання, прикочування) шириною захвату 6 м для агрегування з тракторами класу 30 кН [10].

Важливим напрямом розвитку є удосконалення і розробка нових конструкцій культиваторів з активними робочими органами, що дає можливість більш ефективно використовувати потужні енергонасичені трактори. До цього напряму відноситься створення фрезерного начіпного культиватора для обробітку міжрядь картоплі на важких ґрунтах шириною захвату 2,8 м для агрегування з тракторами класу тяги 14 кН. Також розроблено конструкцію фрезерного культиватора з вертикальною віссю обертання робочих органів шириною захвату 4 м для агрегування з трактором Т-150К. Ведуться роботи по створенню фрезерного подрібнювача рослинних решток грубостеблових культур шириною захвату 3,2 м, що працюватиме з тракторами класу тяги 14 кН.

В той же час, слід відмітити відсутність оригінальних розробок

					<i>ДПА/с 25.07.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

комбінованих культиваторів для вирощування сидеральних культур.

Технічне забезпечення для реалізації запропонованого концептуального підходу до мінімалізації технологій вирощування зернових та олійних культур суцільного посіву, зокрема для енергетичних потреб, через перехід на мілкий (8...16 см) обробіток ґрунту сучасними ґрунтообробними агрегатами практично відсутнє на ринку аграрної техніки України. В той же час наближення до оптимального для сільськогосподарських культур стану ґрунту відбувається через досягнення найбільшої відповідності між технічними можливостями машинно-тракторних агрегатів - з одного боку, ґрунтово-кліматичними й агротехнічними вимогами до них – з іншого. Отже, технічне забезпечення технологій вирощування зернових та олійних культур суцільного посіву, зокрема для енергетичних потреб, повинне розвиватись паралельно з агротехнічними досягненнями. Лише в цьому випадку агротехнічна наука може досягти гармонії з її забезпеченням технікою.

1.2 Аналіз тенденцій розвитку машин для передпосівного обробітку ґрунту

Співвідношення між окремими типами ґрунтообробних машин активно змінюється на протязі останніх 20-30 років, що зумовлене значними змінами в технологіях вирощування основних культур. Ці зміни спрогнозовані в роботах [3].

Вочевидь, існують певні відмінні риси механізованих технологій в Україні і Європі. У цьому знаходить своє відображення не лише дань традицій, але і специфіка умов застосування аграрної техніки. Існує на ринку механізованих технологій і щось середнє – перехідне по своїй суті. Безпосереднє перенесення нової ґрунтообробної техніки з Європи до України не завжди технологічно обумовлене.

					<i>ДПА/с 25.07.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Тенденції розвитку ґрунтообробних машин сприяють підвищенню їх рівня споживчих властивостей в загальній структурі аграрної техніки. Структурну схему основних тенденцій розвитку аграрної техніки можна представити у наступному вигляді - рис. 1.2.

Всі окреслені в ієрархічній структурі тенденції розвитку актуальні й для ґрунтообробної техніки, зокрема для технічного забезпечення новітніх технологій мінімалізації обробітку ґрунту.

Керування якістю сільськогосподарської продукції – основна тенденція, що являє собою перехід до нового покоління ґрунтообробних машин з технічними засобами керування робочими процесами для забезпечення заданої якості і безпеки сільськогосподарської продукції.

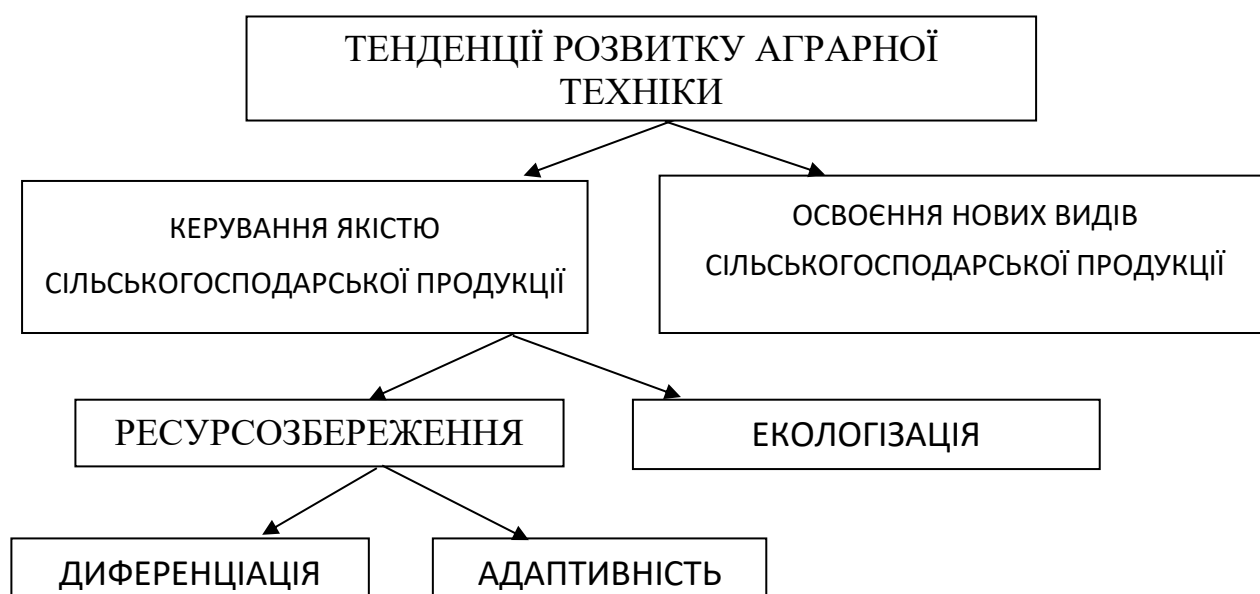


Рис. 1.2 Структурна схема основних тенденцій розвитку аграрної техніки

Якість сільськогосподарської продукції залежить від багатьох елементів. Її, як найважливіший кінцевий результат, формують складові, що реалізують біопотенціал сільськогосподарських культур. Реалізація цього біопотенціалу обумовлена кількома чинниками [12], у тому числі і технічними (рис.1.3).

Технічні чинники в механізованих технологіях виробництва продукції рослинництва впливають на рівень реалізації біопотенціалу рослин двояко. У різні періоди вегетації, при збиранні й зберіганні сільськогосподарських культур технічний вплив виявляється як у змінах врожайності культурних рослин, так і перемінах втрат врожаю. Тому, основні технологічні операції з виробництва продукції рослинництва і їх технічне забезпечення умовно представляють [8], як дві окремі групи впливу – на врожайність сільськогосподарських культур та втрати врожаю. Машини для обробітку ґрунту, з вагомістю впливу на врожайність на рівні 25%, входять до першої групи машин [11].

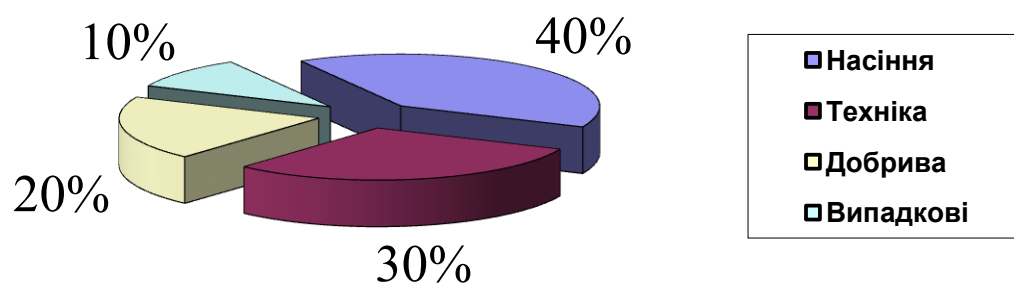


Рис. 1.3 Основні чинники реалізації біопотенціалу сільськогосподарських культур [20]

Оцінка вагомості впливу окремих груп аграрних машин при виробництві того чи іншого з видів сільськогосподарських продуктів стає одним з важливих кроків при виборі шляхів розвитку сільськогосподарського машинобудування в Україні та світі.

Однчасне існування технологій і техніки екстенсивного, інтенсивного та рівня “точного землеробства” окреслює об’єктивну необхідність випуску різнопланових сільськогосподарських машин для забезпечення поточних

потреб агропромислового виробництва, з прогнозованим поступовим переходом на більш високі рівні.

В цьому випадку перехід на новітні ресурсощадні технології з використанням технічних засобів нового покоління пришвидшується разом зі зростанням цін на паливо – рис.1.4 [9,20].

Зокрема, для ефективного вирощування сільськогосподарських культур необхідними представляються відповідні інвестиції в насіння високої репродукції, добрива тощо. Хімічні препарати є досить дорогими (витрати на них сягають до 70% собівартості продукції). Тому, у світі відбувається цільовий пошук технологій та технічних засобів для виробництва біологічних та комплексних органо-мінеральних стимуляторів росту, засобів живлення і захисту рослин, а також технологічного забезпечення для механізованого застосування „зелених добрив” – сидеральних сільськогосподарських культур, що є одним з важливих елементів перспективних систем «органічного землеробства». Їх запровадження в практику сільськогосподарського виробництва потребує розвитку відповідного спеціалізованого ґрунтообробного обладнання.

Отже, диспаритет цін на сільськогосподарську та інші види продукції, що існує в Україні, обумовлює доцільність розширення виробництва біопалив та біодобрив, освоєння використання новітніх технологій і ґрунтообробної техніки в АПК. Розвиток цих напрямків робить сільськогосподарську продукцію аналогом енергетичної або промислової, а машини, що її технічно супроводжують, підіймаються на рівень техніки для нафтогазового комплексу.

Ресурсозбереження – тенденція, що обумовлює вибір ґрунтообробної техніки з врахуванням можливої економії усіх видів ресурсів, що задіяні у їх виконанні технології.

Поступовий перехід на нове співвідношення різних типів ґрунтообробних машин для основного обробітку (рис. 1.1), що відбувся за останні 20-25 років в Україні, дозволив знизити відповідні енергетичні

					<i>ДПА/с 25.07.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

витрати господарств на 20-25%, зберегти в посушливих умовах до 20% вологи та зменшити на силових землях водну ерозію на 25-35% тощо [4].

Ресурсозбереження в широкому розумінні цього поняття виступає важливим критерієм вибору засобів механізації обробітку ґрунту, зокрема для мілкої обробітку під зернові та олійні культури суцільного висіву. Розрахунки бізнес-планів щодо створення нової ґрунтообробної техніки обов'язково повинні враховувати нові агротехнічні вимоги для умов мінімалізації, містити аналіз можливих варіантів технічного забезпечення технологій виробництва означеної раніше сільськогосподарської продукції в межах конкуруючих сівозмін та враховувати їх можливий вплив на довкілля.

Екологізація – тенденція, яка визначає процеси переходу до нового покоління ґрунтообробної техніки зі зменшеним антропогенним впливом на оточуюче середовище та розвитку спеціалізованих технічних засобів для відновлення і захисту ґрунту.

Будь-яке зменшення антропогенного впливу на ґрунт зі збереженням агротехнічної ефективності наближає агропромислове виробництво до гармонії з природою [21]. Екологічна ґрунтообробна техніка – новий крок у розвитку сільськогосподарського машинобудування. Складні сучасні агроєкосистеми потребують новітніх ґрунтообробних машин [21].

Диференціація – тенденція, що характеризує розподіл технічних засобів механізації обробітку ґрунту в залежності від умов застосування.

Диференціація зумовлена різноманіттям умов виробництва і специфікою вимог вирощуваних сільськогосподарських культур до ґрунтообробної техніки. Основні вимоги означених вище культурних рослин до ґрунтового середовища (табл. 1.6) висвітлюють об'єктивну необхідність вибіркового використання тих або інших робочих органів, що забезпечить одержання відповідних характеристик при штучному машинному формуванні орного шару ґрунту.

З урахуванням основних потреб означених зернових і олійних сільськогосподарських культур до ґрунтового середовища (табл. 1.3) та

					<i>ДПА/с 25.07.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

зональних ґрунтово-кліматичних особливостей Полісся і Лісостепу України сформовано агротехнічні вимоги до технічних засобів для передпосівного обробітку ґрунту [17].

Слід відмітити розширення диференціації, яке виявилось в обсягах закупівлі різнотипної ґрунтообробної техніки в останні роки (рис. 1.4), що обумовлено поступовим переходом до ресурсозберігаючих технологій. Це особливо відчутно в степовій зоні України, де дефіцит вологи відчувається практично кожного року.

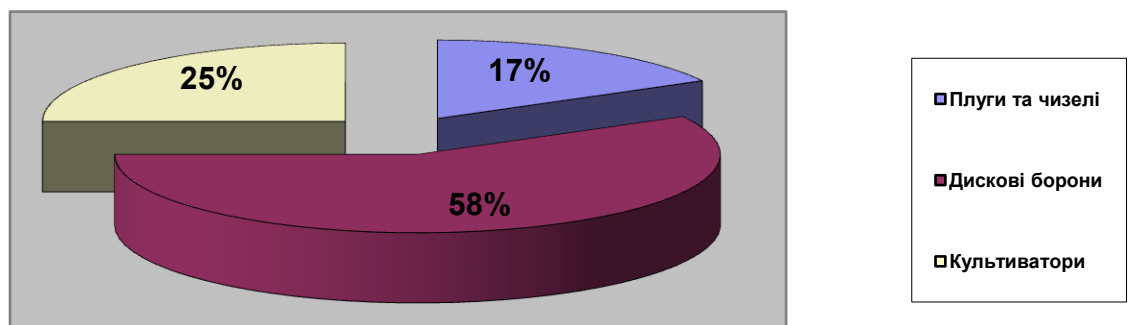


Рис. 1.4 Диференціація в придбанні різних типів ґрунтообробних машин у 2003 році [17]

Підкреслимо, що і диференціація, і адаптивність є складовими елементами загальної тенденції вдосконалення ґрунтообробної техніки в рамках розвитку ресурсозбереження.

Адаптивність – тенденція, що характеризує можливості гнучкого пристосуванню нової ґрунтообробної техніки до змінних умов її використання.

Мінливість умов застосування ґрунтообробної техніки (мозаїчність властивостей ґрунтового середовища в межах одного поля, особливості агротехніки окремих сортів і гібридів культурних рослин, нерівномірність засмічення посівів, поверхні й в орного шару ґрунту бур'янами, шкідниками і

хворобами тощо) вимагає відповідної гнучкої поточної зміни технологічних параметрів сучасних технічних засобів обробітку ґрунту, без складних конструктивних перетворень, зі збереженням якості виконання технологічних процесів. Зміни показників, що описують умови роботи технічних засобів обробітку ґрунту в агропромисловому виробництві, варіюють у дуже широких межах - від кількох відсотків до величин, що відрізняються від базової характеристики на 2-3 порядки. Тому, адаптивність машин відіграє важливу роль з вирівнювання показників якості виконання технологічних операцій і може забезпечуватись, як правило, при умові застосування відповідних засобів оперативного керування.

“Обробіток на замовлення” вважається в Європі одним з перспективних напрямків розвитку ґрунтообробної техніки [15]. Для реалізації, наприклад, мінімального обробітку ґрунту на такому рівні, необхідно провести формалізацію робочих органів ґрунтообробних машин і їх сполучень (послідовностей застосування), що слугуватиме базою створення новітніх комбінованих ґрунтообробних машин.

1.3 Класифікація машин для передпосівного обробітку ґрунту

В залежності від технологічного рівня господарства мілкий обробіток ґрунту виконується машинно-тракторними агрегатами на базі машин:

- Одноопераційних (екстенсивний рівень технології).
- Багатоопераційних (інтенсивний).
- Багатофункціональних (“точного землеробства”).

Дві останніх групи ґрунтообробних машин на ринку аграрної техніки, які можна узагальнено назвати комбінованими машинами, на сучасному рівні в Україні присутні епізодично, часто за збігом випадкових обставин.

З врахуванням викладеного вище, в загальному вигляді ґрунтообробні машини для передпосівного обробітку ґрунту можна класифікувати наступним чином – рис. 1.5.

					<i>ДПА/с 25.07.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

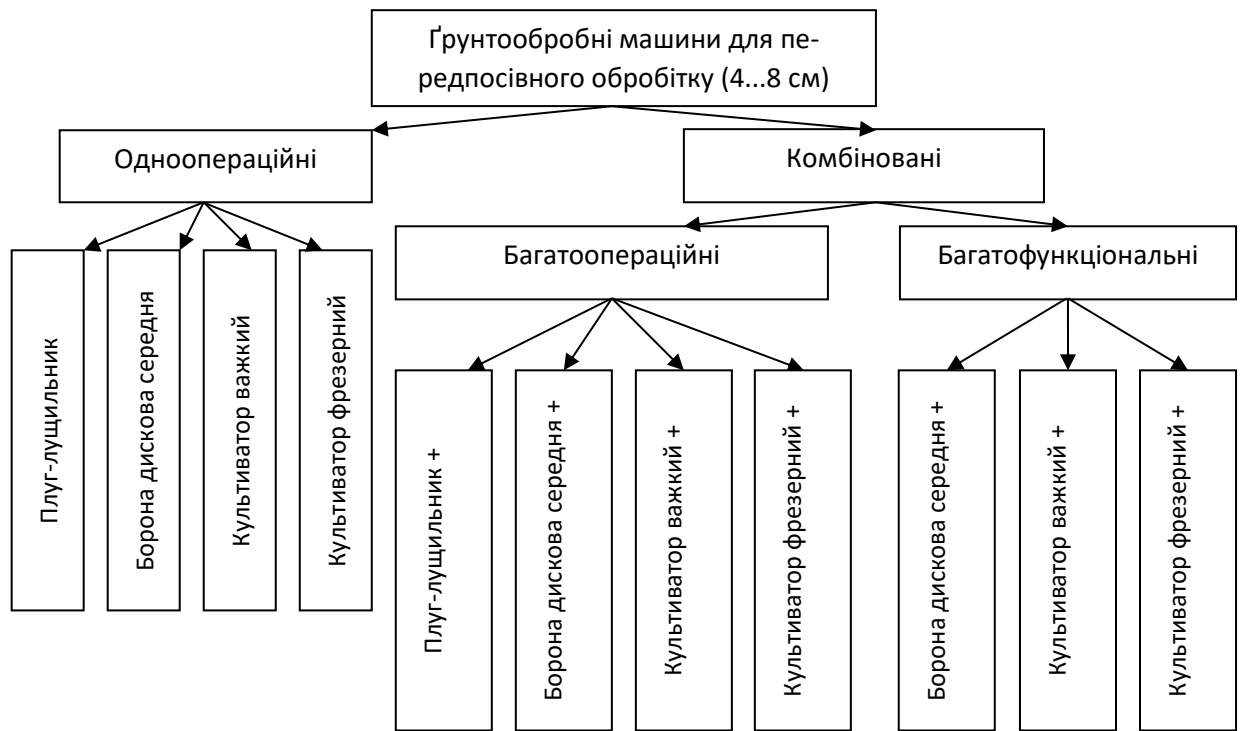


Рис. 1.5 Класифікація машин для передпосівного обробітку ґрунту за типом робочих органів [9]

Аналіз даної класифікаційної структури машин для передпосівного обробітку ґрунту дозволяє безпосередньо представити технологічні особливості розподілу даної техніки на дві групи – одно операційну та комбіновану техніку. Перша представляє собою традиційне покоління машин, що може працювати на глибину 0...10 см.

До цієї групи входять:

- борони дискові середні для дискування полів, як правило, зі збільшеною понад 3 т/га кількістю рослинних решток, після грубостеблових культур (кукурудзи, соняшнику тощо), які застосовуються досить часто в 2-3 проходи агрегату;
- культиватори важкі, що ефективно працюють в умовах недостатньої вологості ґрунту по стерньовим фонам, з мульчуванням верхнього шару ґрунту рослинними рештками;
- культиватори фрезерні, з горизонтальною та вертикальною вісями

обертання для обробітку різних за складністю агрофонів під дрібнонасінні культури або при гребеневій технології вирощування картоплі тощо.

Вітчизняна промисловість освоїла випуск одноопераційних ґрунтообробних машин для передпосівного (до 8 см) обробітку ґрунту до тракторів класів 1,4 - 5, їх виробляють в більшості регіонів України . Кожне з одноопераційних знарядь має свої особливості, а застосування їх певної послідовності до кінця не вивчене.

Перехідний етап технічного забезпечення передпосівного обробітку ґрунту представляють комбіновані багатоопераційні агрегати, які, як правило, являють собою механічно з'єднані одноопераційні машини. Інколи ці машини навіть не узгоджені між собою за шириною захвату (ОПТ-3 + 2ККШ-2,1 і т.п.). Водночас, ці машинно-тракторні агрегати дозволяють в 1,5-2 рази скоротити кількість проходів техніки по полю, зберегти вологу, скоротити час виконання технологічних прийомів в періоди обмежених агротехнічних строків тощо. Є серед цих знарядь і декілька багатоопераційних нового покоління, що виконані на одній рамі.

У згаданих розпушувальних агрегатах застосовуються ефективні ротаційні приставки для подрібнення і вирівнювання поверхневого шару ґрунту. Важливу роль відіграє ця група знарядь при обробітку схилених (до 8°) земель, зокрема, при впровадженні контурно-меліоративної ґрунтозахисної системи землеробства [11]. Серед імпортованих розпушувачів привертає увагу тенденція використання параболічних чизельних робочих органів на фронтальній рамі (Rotation, Razol, Deltaplow). Це певний розвиток енергоощадних пружних робочих органів їхніх вітчизняних аналогів, що дозволяють на 10...15% зменшити тяговий опір чизельного плуга. Обробіток цими знаряддями забезпечує накопичення додаткових 12...15 мм продуктивної вологи в умовах тимчасового її дефіциту в ґрунті [21].

Що стосується ґрунтообробно-посівних багатофункціональних машин, то їх доля на ринку аграрної техніки України поки що незначна [ДВ].

					<i>ДПА/с 25.07.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Водночас, вони потребують ретельної розробки для наших умов, оскільки їх попередня апробація засвідчила їх високу ефективність при мінімізації сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур.

На основі запропонованої класифікації ґрунтообробних машин для передпосівного обробітку ґрунту доцільно перейти до аналізу їх конструктивно-технологічних схем, перш за все, з точки зору раціональної комбінації різнотипних робочих органів. Втім, спершу потрібно розрізнити технологічні особливості окремих робочих органів ґрунтообробних машин.

1.4 Огляд конструктивно-технологічних схем машин для передпосівного обробітку ґрунту


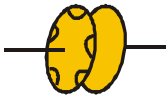
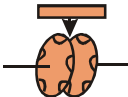
Для реалізації передпосівного основного обробітку ґрунту слід враховувати взаємний вплив робочих органів та послідовність їх застосування не лише в площині поля, але й за глибиною. Агротехнічні вимоги культурних рослин до ґрунтового середовища свідчать про реальність і перспективність цього шляху розробки, перш за все, в комбінованих машинах (табл.1.3).

Відомі класифікації робочих органів ґрунтообробних машин за технологічним призначенням (різноманітних дисків борін дискових, лап культиваторів, зубів борін, стояків розпушувачів тощо) не розкривають й безпосередньо не відображують силову взаємодію робочих органів з ґрунтом, не формалізують здійснюваних ними переміщень ґрунтових елементів у горизонтальному та вертикальному напрямках.

Якщо розподілити робочі органи ґрунтообробних машин за напрямком реакції ґрунту на них в процесі обробітку (таблиця 1.3), то виникає можливість цілеспрямованого використання силових особливостей взаємодії „робочий орган – ґрунт” у раціональних послідовностях одноопераційних знарядь та робочих органів комбінованих машин.

Таблиця 1.3

До аналізу силової взаємодії робочих органів ґрунтообробних машин з ґрунтом у поздовжньо-вертикальній площині проєкцій

Схема силової взаємодії	Вертикальна реакція, кН/м ² *	Функції робочого органу	Вплив на заглиблення в ґрунт
1-ша група - робочі органи, що заглиблюються			
Лапа культиватора, лапа розпушувача, зуб борони (симетричні) 	↓ 5...6	<ul style="list-style-type: none"> - Перемішування часткове; - розпушення повне або локальне; - переміщення локальне; - підрізання повне або локальне. 	Позитивний
2-га група - робочі органи, що виглиблюються			
Диск сферичний 	↑.8	<ul style="list-style-type: none"> - Оборот частковий; - розпушення повне або часткове; - переміщення суцільне або локальне; - підрізання часткове. 	Негативний
Коток ротаційний 	↑.4	<ul style="list-style-type: none"> - Ущільнення; - переміщення локальне. 	Негативний

де * - питома сила заглиблення / виглиблення робочих органів на одиницю поперечного перерізу ґрунту, оброблюваного машинно-тракторним агрегатом;

З аналізу силової взаємодії робочих органів ґрунтообробних машин з ґрунтом у поздовжньо-вертикальній площині проєкцій випливає, що всі робочі органи ґрунтообробних машин можна розподілити на дві групи – ті, що заглиблюються в процесі взаємодії з ґрунтом (1-ша група), й ті, що виглиблюються (2-га група). Виникає можливість при сумісному використанні робочих органів з різноспрямованою вертикальною реакцією ґрунту при його обробітці комбінованою ґрунтообробною машиною компенсувати

дію цих реакцій для поліпшення енергетичної ефективності роботи агрегату.

Важливим є також аналіз переміщень ґрунту (табл. 1.4) робочими органами ґрунтообробних машин у горизонтальній площині проєкцій (в площині поля), бо саме цей результат роботи ґрунтообробної машини визначає кінцеву вирівняність поверхні поля. Якщо взаємодія різнотипних робочих органів може забезпечити покращення вирівняності поверхні поля, то цей ефект можна програмувати у конструктивно-технологічному виконанні комбінованих машин для передпосівного обробітку ґрунту.

Таблиця 1.4

До аналізу переміщень ґрунту робочими органами ґрунтообробних машин у горизонтальній площині проєкцій (в площині поля)

Схема силової взаємодії	Поперечне переміщення ґрунту, см	Функції робочого органу	Вплив на вирівняність поверхні поля
1-ша група - робочі органи, що переміщують ґрунт в одну сторону (вправо або вліво)			
Диск сферичний 	або  10...25	<ul style="list-style-type: none"> - оборот частковий; - розпушення повне або часткове; - переміщення суцільне або локальне; - підрізання часткове 	Погіршує
2-га група - робочі органи, що переміщують ґрунт одночасно в обидві сторони та в напрямку руху агрегату			
Лапа культиватора, лапа плоскоріза, лапа розпушувача, зуб борони (симетричні) 	 2...10	<ul style="list-style-type: none"> - Перемішування часткове; - розпушення повне або локальне; - переміщення локальне; - підрізання повне або локальне 	Покращує
Коток Ротаційний 	 1...4	<ul style="list-style-type: none"> - Ущільнення; - переміщення локальне. 	Покращує



Очевидно, що аналіз силової взаємодії різнотипних робочих органів ґрунтообробних машин у поздовжньо-вертикальній площині проєкцій (табл. 1.3) та переміщень ґрунту робочими органами ґрунтообробних машин у горизонтальній площині проєкцій (табл. 1.4) дозволяють послідовно вдатися до ранжування окремих функцій та вибору раціональної конструктивно-технологічної схеми комбінованої ґрунтообробної машини для передпосівного обробітку ґрунту, що відповідала б агротехнічним вимогам (табл. 1.2) щодо вирощування зернових колосових та олійних культур суцільного посіву, в тому числі й для енергетичного використання.

З врахуванням викладеного вище, проаналізуємо можливі схеми комбінування різнотипних робочих органів ґрунтообробних машин для забезпечення високоякісного передпосівного обробітку ґрунту. Визначимо основні функції, що їх має виконувати комбінована ґрунтообробна машина. Виходячи з результатів попередніх досліджень такими функціями є:

- Розпушення ґрунту (кришення не менше 75%).
- Ущільнення посівного шару ґрунту до щільності не менше 1,0 г/см³.
- Підрізання бур'янів (однократне повне – 100%).
- Вирівнювання поверхні поля (вирівняність в межах 1,5....2,2 см).
- Загортання рослинних решток (ступінь загортання не менше 50%).

Отже, функціонально до складу набору різнотипних робочих органів увійшли лише ті, що сумісно можуть реалізувати дані функції. До розгляду були прийняті наступні робочі органи – корпуси плуга-луцильника, лапи культиватора важкого та плоскоріза, зуби зубової і диски дискової борін, котки ротаційні.

Вибір конкуруючих конструктивно-технологічних схем та ранжування окремих функцій проведені на основі широкого аналізу світового досвіду [7] та з допомогою методів експертної оцінки [9,17]. До складу експертів увійшли провідні фахівці НАУ, ННЦ „ІМЕСГ”, ВІМ, ВАТ „Одессільмаш” та ВАТ „Камянець-Подільськсільмаш”. Серед них було 2 доктори та 6

					<i>ДПА/с 25.07.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

кандидатів технічних наук, які безпосередньо займаються проблематикою з механізації обробітку ґрунту.

З застосуванням відомих методів експертної оцінки [9,17] визначено вагомість агротехнічних показників та виконано їх ранжування для подальшої розробки процесу передпосівного комбінованого обробітку ґрунту під зернові та олійні культури суцільного посіву – таблиця 1.5.

Таблиця 1.5

Основні агротехнічні показники, їх питома вага й ранг

Ранг	Найменування показника	Питома вага показника
1	Кришення ґрунту	0,45
2	Щільність ґрунту (для оцінки ущільнення)	0,20
3	Ступінь підрізання бур'янів	0,16
4	Вирівняність поверхні поля	0,12
5	Ступінь загортання рослинних решток	0,07

Ранжування показників оцінки проведене за спадаючими вагомостями. Розраховано коефіцієнт конкордації, який склав 0,56. При цьому критерій Персона $\chi^2 = 14,42$; при табличному $\chi^2_{\text{табл.}} = 32,67$ для $p = 0,95$, що засвідчує високий ступінь узгодженості думок експертів.

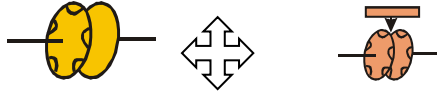

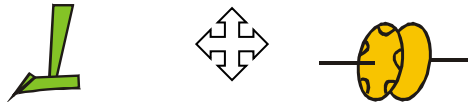
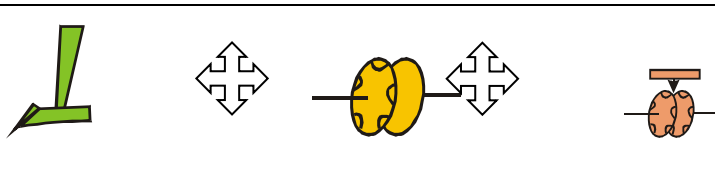
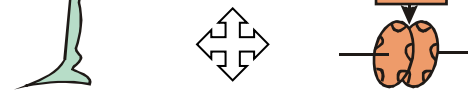
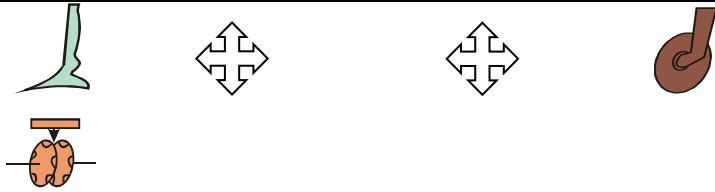
До розгляду були прийняті вісім основних конструктивно-технологічних схем комбінування різнотипних робочих органів ґрунтообробної техніки, які можуть в певній мірі задовольнити реалізацію функцій передпосівного обробітку ґрунту на сучасному рівні вимог (табл. 1.6).

При оцінці процесів комбінованого обробітку ґрунту використовували відому [17] методику. Рівень відповідності процесу необхідному за агротехнічними вимогами (табл. 1.2) визначали за допомогою узагальненого коефіцієнту перспективності. Після цього процеси передпосівного обробітку ґрунту порівнювали між собою та визначали їх ефективність за відомою шкалою [17].

Результати аналізу наведено в таблиці 1.6. На його основі визначено, що

для ефективної реалізації процесу комбінованого передпосівного обробітку ґрунту під зернові та олійні культури суцільного посіву найбільш перспективним є мілке розпушення з дисковим вирівнюванням та коткуванням.

Таблиця 1.6
Основні технологічні схеми комбінування різнотипних робочих органів для передпосівного обробітку ґрунту

№	Технологічна схема комбінованого агрегату	Найменування процесу обробітку ґрунту
1		Дискування з коткуванням
2		Дискування з підрізанням бур'янів і коткуванням
3		Плоскорізний обробіток з дискуванням
4		Плоскорізний обробіток з дискуванням та коткуванням
5		Мілке розпушення з коткуванням
6		Мілке розпушення з дисковим вирівнюванням та коткуванням

де * - зубова або шлейф-борона

Отже, серед восьми проаналізованих процесів 3-и (мілка оранка з коткуванням, мілка оранка з вирівнюванням шлейфуванням та коткуванням, дискування з коткуванням) не можуть розглядатись в якості перспективних для передпосівного комбінованого обробітку ґрунту, 4-и (дискування з підрізанням бур'янів і коткуванням, плоскорізний обробіток з дискуванням, плоскорізний обробіток з дискуванням та коткуванням, мілке розпушення з

коткуванням) визнані перспективними і один (мілке розпушення з дисковим вирівнюванням та коткуванням) – вельми перспективним. Очевидно, що на майбутнє доцільно працювати з 5-ма перспективними процесами, але в першу чергу – з останнім, який може бути реалізований в новому комбінованому чизельно-дисковому культиваторі.

1.5 Висновки за розділом

Таким чином, якщо в комбінованому культиваторі певним чином підібрати групи робочих органів, які мають протилежно спрямовані реакції ґрунту та переміщення, можливо раціонально підібрати таку технологічну схему, яка дозволить істотно покращити якість обробітку ґрунту та зменшити питому енергомісткість процесу за рахунок взаємної компенсації протилежно спрямованих зусиль та переміщень ґрунту.

Метою досліджень є підвищення ефективності передпосівного обробітку ґрунту комбінованим чизельно-дисковим культиватором шляхом встановлення раціональної взаємодії окремих груп його робочих органів.

Таким чином, завданням для дипломного проекту є розробка робочих органів із пружними стійками для подальшого їхнього використання у складі комбінованого агрегату.

					<i>ДПА/с 25.07.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

2. ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ ОРґАНІВ ЗНАРЯДДЯ ДЛЯ ПЕРЕДПОСІВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

Вихідні дані для розрахунку

Кут внутрішнього тертя, φ , град	40
Кут зовнішнього тертя, μ , град	25
Щільність ґрунту, ρ , г/см ³	1,25
Коефіцієнт зчеплення, C_0 , Н/см ²	0,21
Гранична деформація при стисненні, ε_c	0,018
Глибина обробки, h , мм	120
Кут розчину лапи, 2γ , град	80
Початковий кут установки розпушувальної лапи до dna борозни, β , град	5
Висота груди лапи, s , мм	30...40
Ширина захвату робочого органа, B , мм	270
Швидкість агрегату, V , м/с	2,3

2.1 Рух елемента скиби по поверхні клина

Метою обробітку ґрунту є розпушення скиби з мінімальними витратами енергії. Під час роботи ґрунтообробних машин з пасивними робочими органами, які мають форму клина, деформація ґрунту відбувається по різному, оскільки фізико-механічний склад ґрунту є різноманітним.

Розглядаючи процес взаємодії клина з ґрунтовим середовищем та аналізуючи складові витрат енергії, було встановлено, що значна частина енергії під час розпушення скиби витрачається на переміщення елемента скиби. Ці витрати не є продуктивними, оскільки вони не покращують якості кришення скиби, а призводять, як правило, до погіршення вирівненості поверхні поля, на вирівнювання якої потім потрібні додаткові витрати енергії.

					ДПА/с 25.07.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

У відповідності з теорією В.П. Горячкіна [5], щоб проаналізувати механіку взаємодії клина з ґрунтовим середовищем і встановити аналітичні залежності, які пов'язують між собою параметри середовища, відокремлюваної скиби і клина, приймаємо, що скиба, як ідеальне тіло, не стискається і не розтягується, як в повздовжньому так і в поперечному напрямку, а також ідеально еластична. Оскільки в реальних умовах під час відокремлення скиби клином нижні шари внаслідок розтягу під час зминання розриваються, з'являються тріщини, а верхні, які стискаються, руйнуються. За первинну модель, яка зберігає властивості реальної скиби, приймаємо це ідеальне тіло (елемент скиби). Таке припущення дозволить знехтувати повздовжньою деформацією шарів, як під час зминання скиби біля носка клина, так і при стискуванні, обумовленому складовими сил тертя і ваги, а також знайти складову тягового зусилля клина і затрати потужності на піднімання скиби.

Відомо, що під час дії клина на скибу спочатку відбувається різання (відокремлення скиби від моноліту), її деформація (руйнування), піднімання на деяку висоту і подолання сил тертя, а також набуття частинками елемента скиби деякої абсолютної швидкості руху (кінетичної енергії) [9].

З перерахованих складових загальної роботи клина корисними є складові, які затрачаються на руйнування скиби, а решта – шкідливими.

Якщо розглядати клин як пристрій для розпушування ґрунту, то можна дослідити процес переміщення елемента скиби від початку відриву його від моноліту до падіння на дно борозни.

2.2 Визначення питомого тягового опору робочого органа

Розпушувальна лапа повинна сполучатися з S-образною стійкою, коли вона знаходиться в робочому положенні. Для цього необхідно визначити тяговий опір на робочому органі.

					<i>ДПА/с 25.07.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Зусилля, яке необхідно прикласти з боку робочого органа до ґрунту в моменту його руйнування можна визначити на підставі методу В.В.Соколовського [9]

$$P_{p.o.} = \frac{\sigma_n \cdot F_{cd}}{\cos(\varphi)}, \quad (2.21)$$

де F_{cd} – площа зрушення елемента ґрунту, що сколюється;

σ_n – нормальна напруга до площадки ковзання;

$$\sigma_n = \frac{\cos^2(\varphi)}{1 - \sin(\varphi)} \cdot e^{(3/2 \cdot \pi - 2\psi + \varphi)} \cdot \left(\frac{p \cdot h}{2} + C_0 \cdot \text{ctg}(\varphi) \right), \quad (2.22)$$

тут ψ – кут зрушення ґрунту:

$$\psi = 90^\circ - \frac{\alpha + \varphi + \mu}{2}, \quad (2.23)$$

$$\psi = 90^\circ - \frac{25 + 40 + 25}{2} = 45 \text{ град} \approx 0,78 \text{ рад},$$

Отже

$$\sigma_n = \frac{\cos^2(40)}{1 - \sin(40)} \cdot e^{(3/2 \cdot \pi - 2 \cdot 0,78 + 0,69)} \cdot \left(\frac{1,25 \cdot 10^{-3} \cdot 12}{2} + 0,18 \cdot \text{ctg}(40) \right) = 0,38 \text{ Н/см}^2,$$

Площу з рушення можна визначити з наступної формули

$$F_{cd} = \frac{h \cdot B}{\sin(\psi)} + k_0 \cdot \frac{\pi \cdot h^2}{2 \cdot \sin(\psi) \cdot \text{tg}(\varphi)}, \quad (2.24)$$

де k_0 - коефіцієнт, $k_0=0,08$.

$$F_{cd} = \frac{12 \cdot 27}{\sin(45)} + 0,08 \cdot \frac{\pi \cdot 12^2}{2 \cdot \sin(45) \cdot \text{tg}(40)} = 488,7 \text{ см}^2.$$

Остаточо,

$$P_{p.o.} = \frac{0,38 \cdot 488,7}{\cos(40)} = 244,6 \text{ Н} \approx 0,25 \text{ кН}$$

Для робочих органів на пружній підвісці тяговий опір менше на 8...10 % . Таким чином, воно складе $P_{p.o.} = 0,21 \text{ кН}$.

					<i>ДПА/с 25.07.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Для визначення положення стійки при навантаженні $P=0,24$ кН можна скористатися експериментальним графіком "навантаження-переміщення" для стійки даного типу [9], відповідно до рисунка 2.2.

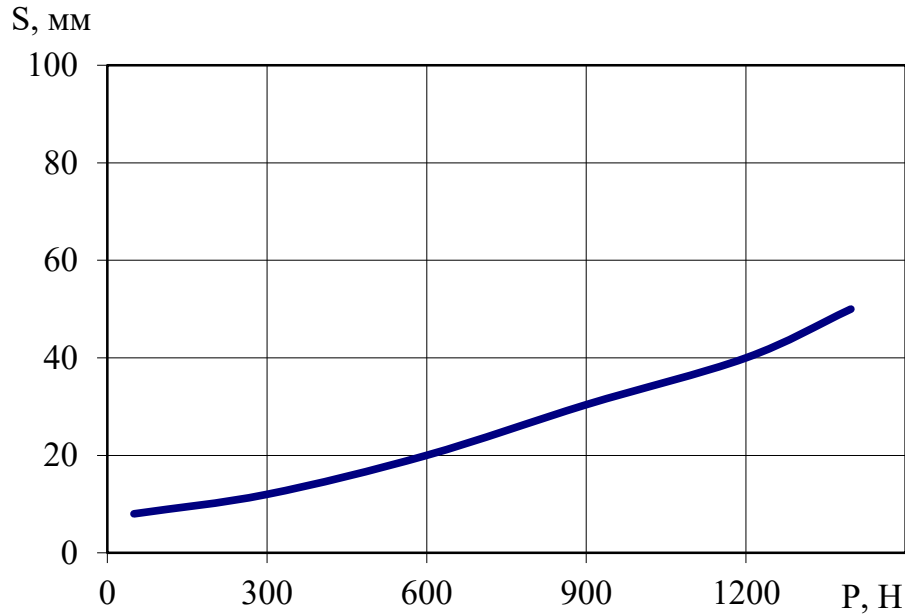


Рис. 2.2 Експериментальний графік «навантаження-переміщення»

Зроблені розрахунки дозволяють та експериментальні дослідження є основою щодо проектування робочого органу на U-образній стійці в робочому положенні.

2.3 Розміщення робочих органів на рамі знаряддя

При розробці конструкції знаряддя для передпосівного обробітку ґрунту необхідно вибрати таку схему розміщення обраних робочих органів, при використанні якої не тільки виключається заклинювання ґрунту між робочими органами, забивання їх рослинними залишками, але і поліпшуються інші показники якості роботи, скорочується довжина, маса і число робочих органів знаряддя, що працюють у суцільному середовищі. Це істотно впливає на витрати енергії при виконанні технологічного процесу.

Щоб уникнути заклинювання ґрунтового шару між дисками, відстань між ними повинно бути [13]:

$$b \geq 1,5 \cdot a, \quad (2.25)$$

де b - відстань між двома сусідніми дисками, см;

a - глибина ходу ножових роторів, см.

При максимальній глибині ходу дисків $a = 10$ см. мінімальна відстань між ними повинно бути 15 см. Оскільки через скорочення довжини знаряддя передбачається встановлювати кут атаки батареї не більш 15° і з огляду на, що по вимогах стандарту на передпосівну обробку ґрунту не допускається наявність в обробленому шарі ґрунту грудок розміром більше 10 см, то доцільно буде розташовувати диски зібрані в батареї [13].

Робочі органи на експериментальній пружній U - образній стійці після аналізу їхнього можливого розташування по різних схемах вирішено було розташовувати в шаховому порядку за дворядною схемою. Щоб уникнути забивання робочих органів перед переднім і між переднім і заднім рядами стрілчастих лап необхідно, щоб зона деформації ґрунту під впливом лап переднього ряду не зачіпав батарею дисків, а зона деформації ґрунту лапами заднього ряду S-подібних стійок не впливала на передній ряд, тобто (рис.2.3 та рис.2.4).

$$L \geq l + l_0, \quad (2.26)$$

де L – відстань між ножами стрілчастих лап по ходу знаряддя;

l_0 – величина, обумовлена конструкцією робочого органа і стійки, см.;

l – довжина області поширення деформації ґрунту перед лапи, см.

Розглядаючи стрілчасту розпушуючу лапу як прямий клин з кутом нахилу до дна борозни можна визначити область поширення деформації ґрунту перед лапи по залежності [9]:

$$l = a \cdot \operatorname{tg}((\alpha + \beta + \gamma)/2), \quad (2.27)$$

де a – глибина обробки ґрунту робочими органами, див.;

α, γ – кути тертя ґрунту по сталі і ґрунти по ґрунті, $\beta = 25^\circ$, $\gamma = 40^\circ$.

					<i>ДПА/с 25.07.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

У такий спосіб відстань між носками стрілочастих лап:

$$L \geq a \cdot \operatorname{tg}((a + j + r)/2) + l_0 . \quad (2.28)$$

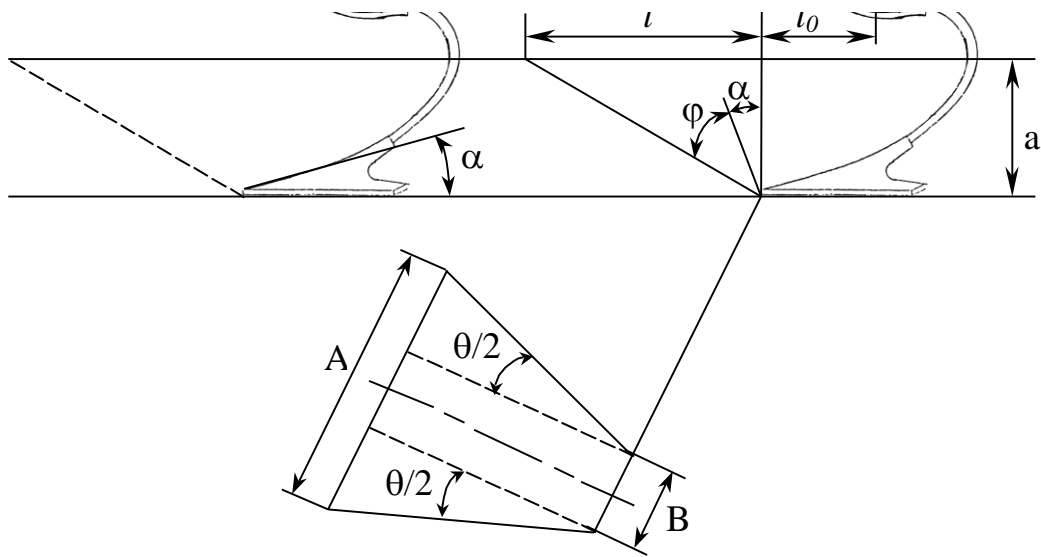


Рис.2.3 Визначення відстані між рядами експериментальних робочих органів

Значення L у залежності від конкретних умов стану ґрунту може знаходитися в межах 48,0...61,0 см. Виходячи з умов деформації ґрунту, відстань t між сусідніми стійками в одному ряді (за умови дворядного розміщення лап), при якому не повинне відбуватися заклинювання ґрунту між стійками, відповідно до рис. 2.3 - $t > A'$,

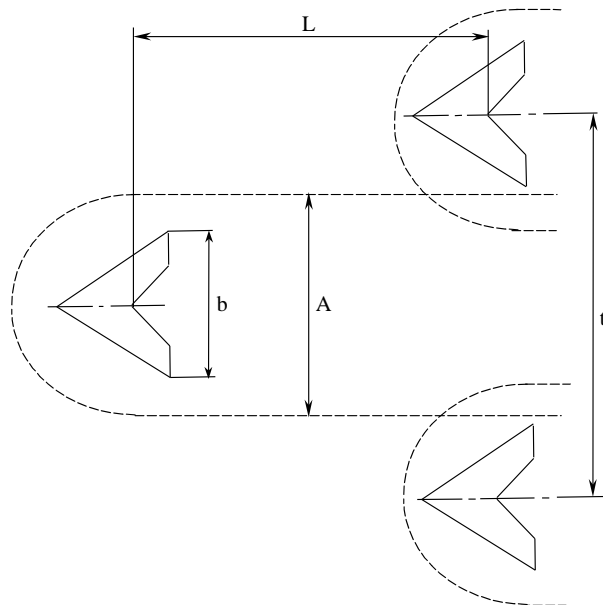


Рис.2.4 Визначення відстань між сусідніми стійками в одному ряді

де A' – ширина зони деформації ґрунту з бічних сторін стрілочастої

лапи.

$$A' = b + (2a \cdot \operatorname{tg}(q/2)) / \cos(a + j), \quad (2.29)$$

де q – кут сколювання ґрунту, град.;

b – ширина захоплення робочого органа, см.

Підставивши відповідні значення в (2.29) одержимо, що відстань між сусідніми стійками в одному ряді буде знаходитися в межах 41...50 см.

Відстань між рядами робочих органів визначається

$$C = \frac{A \cdot (\rho \cdot h + 2 \cdot C_0 \cdot \operatorname{ctg}(\varphi) \cdot (k_0 \cdot \pi \cdot h + 1,12 \cdot b \cdot \operatorname{tg}(\psi))}{2 \cdot b \cdot (q + c \cdot V) \cdot (\cos(\Theta) - e^{-\Theta_n \cdot \operatorname{tg}(\varphi)} \cdot \cos(|\Theta_n - \Theta_b|))} +$$

$$+ h \frac{\sin \Theta_n \pm e^{-\Theta_n \cdot \operatorname{tg}(\varphi)} \cdot \sin(|\Theta_n - \Theta_b|)}{2 \cdot \cos \Theta_n},$$

$$A = \frac{\cos(\varphi) \cdot e^{2(45+\varphi)\operatorname{tg}(\varphi)} \cdot \cos(1,5 \cdot \varphi - 45)}{2 \cdot (1 - \sin(\varphi)) \cdot \sin\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right) \cdot \operatorname{tg}\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right)}, \quad (2.9)$$

$$C = \frac{63,5 \cdot (1,25 \cdot 10^{-3} \cdot 0,12 + 0,18 \cdot \operatorname{ctg}(40)) \cdot (0,08 \cdot \pi \cdot 0,12 + 1,12 \cdot 0,27 \cdot \operatorname{tg}(45))}{2 \cdot 0,27 \cdot (250 + 0,1 \cdot 2,5) \cdot (\cos(50) - e^{-50 \cdot \operatorname{tg}(40)} \cdot \cos(|50 - 15|))} +$$

$$+ h \cdot \frac{\sin(50) \pm e^{-50 \cdot \operatorname{tg}(40)} \cdot \cos(|50 - 15|)}{2 \cos(15)} = 0,38 \text{ м}$$

$$A = \frac{\cos(40) \cdot e^{2(45+40)\operatorname{tg}(40)} \cdot \cos(1,5 \cdot 40 - 45)}{2 \cdot (1 - \sin(40)) \cdot \sin\left(45 - \frac{40}{2}\right) \cdot \operatorname{tg}\left(45 - \frac{40}{2}\right)} = 63,5$$

Приймаємо відстань між рядами рівним 0,34 м.

2.4 Амплітудно-частотна характеристика пружної стійки

При відсутності демпфірування, рівняння руху стійки буде мати вигляд [9]:

$$m_{\text{пр}} \cdot \ddot{x} + a \cdot (x \pm \mu_0 \cdot x^3) = Q \cdot \cos \omega t. \quad (2.30)$$

У найпершому наближенні задачу взаємодії робочих органів на пружних стійках і пружних підвісках можна звести до одновимірної, зв'язаної з горизонтальним відносним переміщенням характерної точки робочого органа

					<i>ДПА/с 25.07.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

відносно з'єднання стійки або механізму підвіски з рамою ґрунтообробної машини.

При такій постановці задачі потрібно визначити ряд механічних характеристик системи, що описують механізм підвіски. До них відносяться: 1 – коефіцієнт (чи функція) квазіпружності, 2 – приведена маса, 3 – сила опору ґрунту руху робочого органу.

1. Пружна стійка при взаємодії з ґрунтом має зростаючу твердість і дає силу, що відновлює її початкове положення

$$F_x = k \cdot X + b \cdot X^3 \quad \text{чи} \quad F_x = k \cdot (X + \mu_0 \cdot X^3), \quad (2.31)$$

де μ – коефіцієнт нелінійності, m^{-2} , одиниця виміру для коефіцієнта « k » – Н/м.

Для одержання таких характеристик для будь-яких пружних стійок необхідно використовувати стенд (рис.2.5)

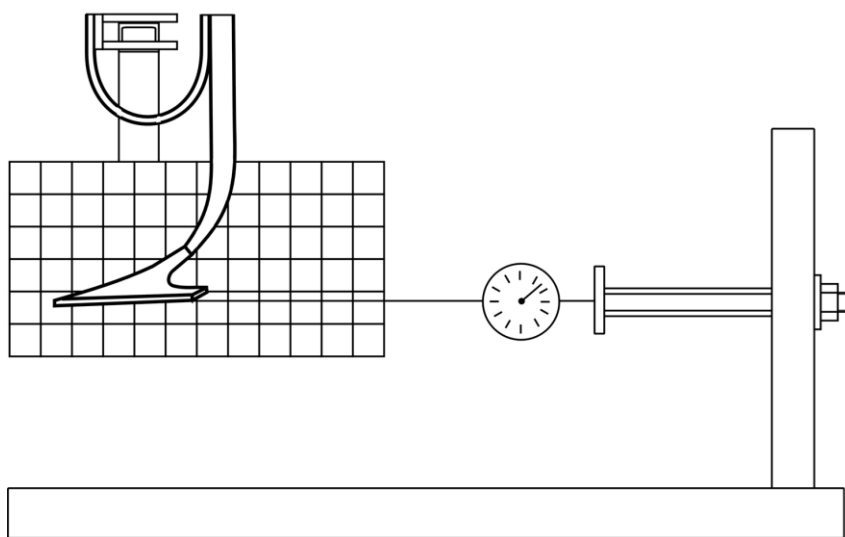


Рис.2.5 Експериментальна установка для дослідження U-образних робочих органів

Результати експериментальних досліджень на стенді U-образних робочих органів надани на рис. 2.6.

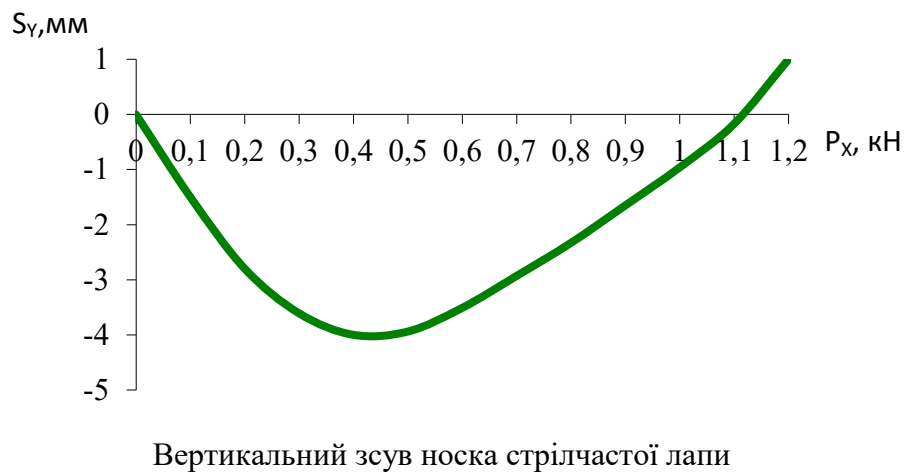
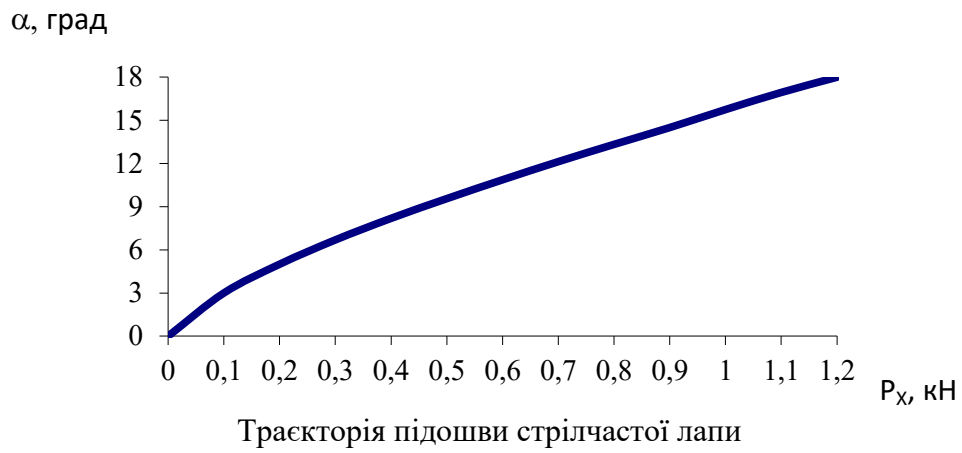


Рис.2.6 Результати експериментальних досліджень

2. Перетворимо вираз (2.30)

$$\ddot{x} + p^2 \cdot (x \pm \mu_0 \cdot x^3) = q \cdot \cos \omega t ,$$

при цьому: $p^2 = k/m_{пр}$, $q = Q/m_{пр}$, $\mu_0 = b/k$,

де p – частота власних коливань;

k і b коефіцієнти у виразі (2.31);

$m_{пр}$ – приведена маса робочого органу.

Зважаючи на складність конструкцій системи підвісок і в зв'язку з тим, що різні точки конструкції мають різну енергію коливань можна знайти приведену масу робочого органу методом механічного довантаження. Спочатку визначаємо частоту власних (p_0) коливань стійки з робочим органом шуканої приведеної маси. Потім довантажуюмо характерну точку (носок робочого органу) вантажем з відомою масою (m_1) і визначаємо частоту власних коливань (p_1). Тоді по співвідношенню:

$$m_0 = \frac{m_1}{p_0 / p_1 - 1},$$

визначаємо $m_0 = m_{пр}$ – шукану приведену масу стійки з робочим органом.

3) Значення « Q » визначається виходячи з реальних умов роботи робочого органу. Частоту вимушених коливань з урахуванням граничного шляху зминання ґрунту можна знайти як: $\omega = \pi \cdot V_p / S$. Це співвідношення являє собою відоме рівняння Дюффінга.

Вимушені коливання подібного типу є симетричними щодо положення рівноваги і при відсутності демпфірування динамічні переміщення системи будуть або збігатися по фазі, або відставати на 180^0 від сили збурення. Наближеним рішенням для виразу буде [14]:

$$p^2 \cdot a \pm \frac{3p^2 \cdot \mu_0 \cdot a^3}{4} = \omega^2 \cdot a + q .$$

Для будь-яких заданих значень параметрів p^2 , μ і q з рівняння одержуємо два співвідношення між амплітудою « a » і частотою « ω » сили збурення при сталих змушених коливаннях. Для зручності графічного представлення частотних характеристик у випадку пружини зі зростаючою жорсткістю рекомендується [14] використовувати рівняння:

$$\frac{3 \cdot \mu_0 \cdot a^3}{4} = (\omega^2 / p^2 - 1) \cdot a + q/p^2 .$$

Метод побудови графіків залежності амплітуди «а» від відношення частот « ω/p » відповідно до розглянутих рівнянь, надано у [9].

Алгоритм побудови амплітудно-частотної характеристики пружної стійки включає послідовне виконання певних графоаналітичних операцій:

1. Визначаються:

а) теоретично по показниках ґрунту – $Q_{пр}$ та ω (2.21);

б) з експериментальних характеристик пружної стійки – $F_{\delta y}$, $F_{\delta x}$, μ_0 , $m_{пр}$, p (2.31).

2. Будуються параболи: $f(a) = \frac{3 \cdot \mu_0 \cdot a^3}{4}$.

3. Будуються лінійні функції: $f(a) = (\omega^2 / p^2 - 1) \cdot a + q/p^2$. Зі збільшенням кута нахилу ліній на рис.2.5 виникає умова при якій лінія (1) не тільки перетинає верхню вітку кривої в точці D, але і виявляється дотичною до нижньої вітки в точці E. Відповідні точки D і E для частотної характеристики попадають на критичну частоту ($\omega_{кр} \geq p$), де тангенс кута нахилу графіка частотної характеристики дорівнює нескінченності (т. E). Суцільна жирна лінія на дає графічне представлення рівняння (2.31).

4. Побудова частотна характеристика для пружини із зростаючою жорсткістю, яка має асимптоту у вигляді гіперболи, що показана штриховою лінією. Вона відповідає випадку вільних коливань, коли величина «q» покладається рівною нулю:

$$\frac{3 \cdot \mu_0 \cdot a^2}{4} = \omega^2 / p^2 - 1.$$

де ω – кругова частота нелінійних коливань.

5. Визначення геометричного місця критичних точок типу E (для яких тангенс кута нахилу дотичної дорівнює нескінченності) для зазначених частот представлено штрих-пунктирною лінією. Рівняння цієї кривої можна одержати про диференціювавши рівняння

					<i>ДПА/с 25.07.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

$$\frac{9 \cdot \mu_0 \cdot a^2}{4} = \omega^2 / p^2 - 1 .$$

Необхідно відзначити, що коли частота « ω » стає близькою до частоти « p », тобто відношення « ω/p » близьке до одиниці, коефіцієнт підсилення різко збільшується і його величина при резонансі або близько до резонансної області стає дуже чутливою до зміни коефіцієнта демпфірування. В інших випадках демпфіруванням чи дисипацією можна знехтувати.

Таким чином, маючи визначену кількість стійок або моделюючи їх конструкцію за рахунок набірних елементів з різною геометрією і жорсткістю, можна за вищевикладеною методикою побудувати їх амплітудно-частотні характеристики і по них визначити планований діапазон роботи по « ω/p » для заданих технологічних режимів.

6. Побудову зміни глибини руху стійки від горизонтального її переміщення. В лівій частині можна на підставі експериментальних характеристик стійок будується залежність (графік вертикального переміщення в залежності від горизонтального – $\delta_y = f(\delta_x)$), що характеризує зміну глибини під впливом горизонтального навантаження і сумістити отриману залежність з амплітудно-частотною характеристикою.

На підставі даного підходу вже на стадії проектування робочих органів на пружних стійках можна робити висновок про можливість виконання ними конкретних технологічних задач. Змінюючи параметри стійок і проводячи повторні дослідження можливо отримати характеристику, представлену на рис.2.6.

Запропоновану методику можна розглянути на прикладі побудови амплітудно-частотної характеристики для реального робочого органа з раціональними параметрами (програма на ПЕОМ – Додаток):

1. З використанням стенду отримаємо характеристики U-подібного пружного робочого органа (рис.2.7).

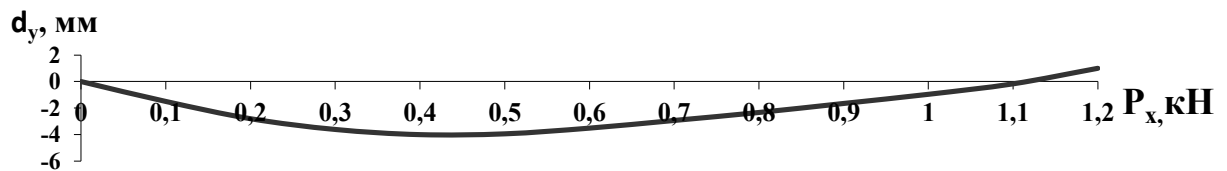
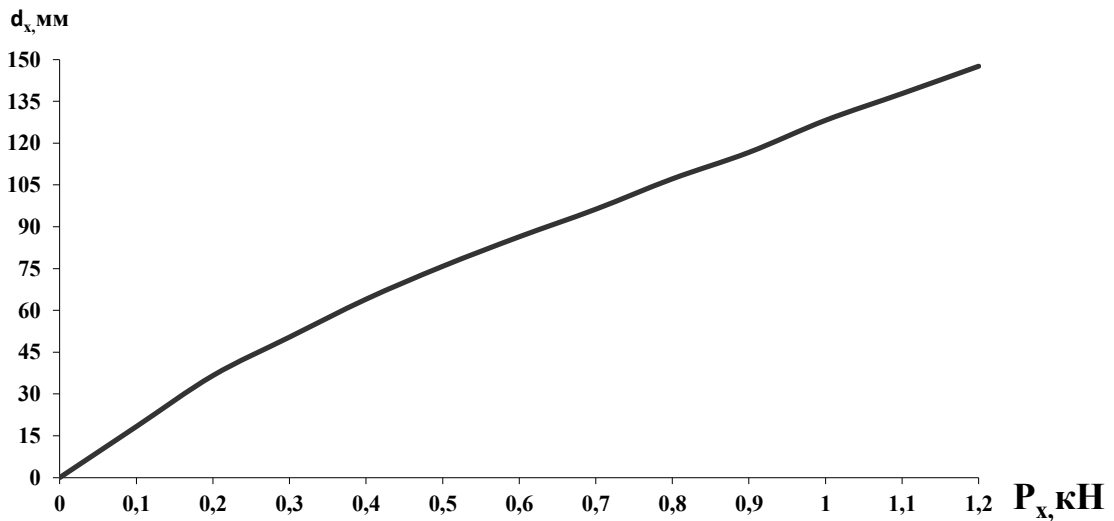


Рис.2.7 Графіки переміщення носка стрілкової лапи під дією горизонтального навантаження робочого органу – P_x : δ_x – горизонтального, δ_y – вертикального

2. Сили відновлення від горизонтально прикладеного навантаження:

- у горизонтальній площині – $F_{\delta x} = 4142.96 \cdot X + 78435.90 \cdot X^3$;
- у вертикальній площині – $F_{\delta y} = 30501.01 \cdot Y + 3.01 \cdot 10^9 \cdot Y^3$.

3. На підставі характеристик пружної стійки:

- приведена маса $m_{пр} = 1.28$ кг;
- частота власних коливань $p = 6.37$ Гц;

4. Для типових ґрунтово-кліматичних умов півдня України (ґрунт – південноукраїнський чорнозем) для $h = 0,16 \dots 0,21$ м і $V_p \approx 2.1$ м/с визначимо:

- зусилля граничної рівноваги $R_{p.o} = Q_{пр} \approx 690$ Н ;
- частота змушених коливань $\omega \approx 10.69$ Гц при $S \approx 0.079$ м .

1. Побудувавши параболу $f(a) = \frac{3 \cdot \mu_0 \cdot a^3}{4} = 12 \cdot a^3$ та лінійні функції $f(a) = (\omega^2 / p^2 - 1) \cdot a \pm 0.052$, отримаємо амплітудно-частотну характеристику реального робочого органу з раціональними параметрами (рис.2.8).

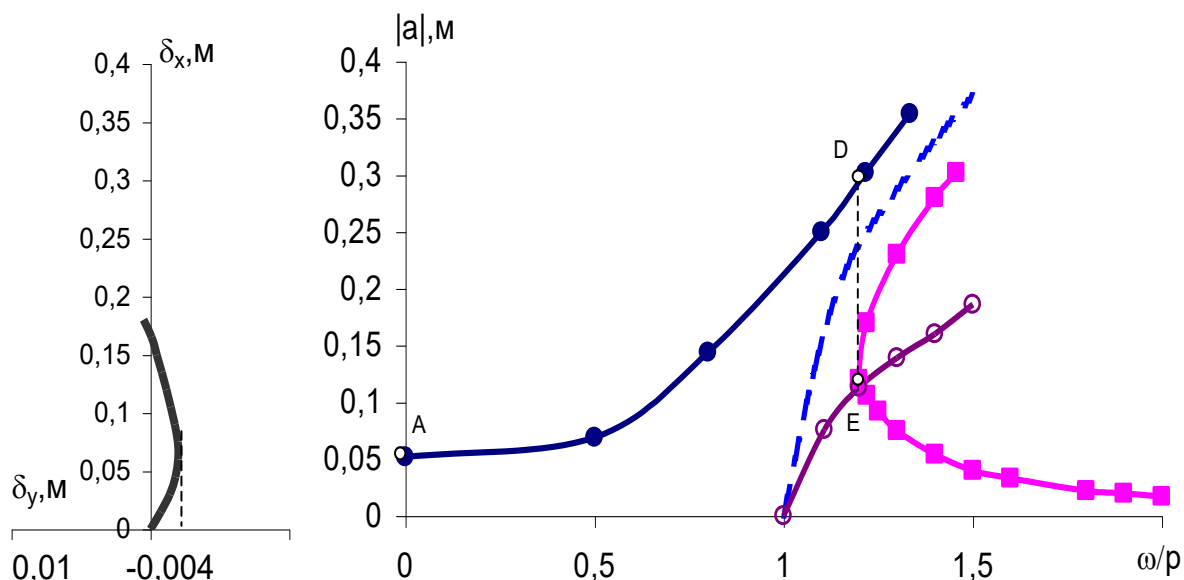


Рис.2.8 - Побудова амплітудно-частотної характеристики U-подібного пружного робочого органу

Аналізуючи отримані результати лабораторно-теоретичних досліджень і порівнюючи їх з відповідними характеристиками пружних робочих органів, отриманих з експериментальних досліджень, можливо зробити наступні висновки для тягового опору робочого органу в межах 0,8...1,0 кН (реальні польові умови):

- поздовжні переміщення носка стрілкової лапи складуть 100...120 мм;
- вертикальне переміщення носка стрілкової лапи не перевищать 4 мм;
- кут нахилу підшви стрілкової лапи при максимальному навантаженні не перевищить 10...12°.

Все це свідчить про те, що в польових умовах експериментальні робочі органи будуть мати саме ті показники роботи, які розраховувалися при їх проектуванні.

2.5 Розрахунок на міцність U- подібної пружини

Для спрощення рішення задачі розглянемо схему, представлену на рис. 2.9. На підставі цієї схеми і [13] маємо, що гранично припустиме зусилля на робочому органі повинне бути

$$P = \frac{b \cdot t^2}{12 \cdot R_0} \cdot [\sigma]_H,$$

де b – ширина смуги стійки, t – товщина смуги,

R_0 – радіус стійки, $[\sigma]_H$ – допустиме напруження, $[\sigma]_H = 40 \dots 50 \dots 50$ Н/м.

Знаючи розрахунковий тяговий опір робочого органа

$$P_{\text{расч}} = 1,5 \cdot P_{\text{р.о.}},$$

$$P_{\text{расч}} = 1,5 \cdot 0,24 = 0,36 \text{ кН}$$

Можна визначити “ t ” задаючи “ b ”

$$t = \sqrt{\frac{12 \cdot P \cdot R_0}{b \cdot [\sigma]_H}}$$

$$t = \sqrt{\frac{12 \cdot 0,36 \cdot 264}{45 \cdot 50}} = 19,6 \text{ мм}$$

Отже, стійка повинна бути виконана зі смуги 45x19,6 мм. Оскільки такої смуги немає – приймаємо 45x20 мм.

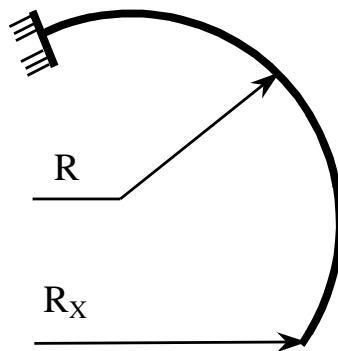


Рис. 2.9 – Розрахункова схема

2.6 Висновки за розділом

На підставі проведеного обґрунтування робочих органів комбінованого ґрунтообробного знаряддя для передпосівного обробітку ґрунту із пружними U-подібними робочими органами із розрахунком їх робочих параметрів під задані умови роботи було визначено конструктивно-технологічну схему комбінованого агрегату. Отримані результати досліджень і обґрунтувань дозволяють розробити робочі креслення знаряддя.

					<i>ДПА/с 25.07.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

3 РОЗРАХУНОК ОПЕРАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КАРТИ ДЛЯ ПЕРЕДПОСІВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ КОМБІНОВАНИМ ҐРУНТООБРОБНИМ ЗНАРЯДДЯМ

Вихідні дані

Найменування операції – основний безполицевий *обробіток ґрунту*

Агрофон – стерня.

Ухил поверхні поля $i = 2 \%$.

Питомий тяговий опір $K_0 = 2,5 \text{ кН/м}$.

Розміри поля : довжина $L = 1000 \text{ м}$; ширина $B = 1000 \text{ м}$.

Марка трактора - УТО-NLX804.

Робоча ширина захоплення знаряддя - 3,2 м.(АПП-3.2)

Глибина обробітку ґрунту – 16...20 см.

Агротехнічні вимоги до виконання передпосівного обробітку ґрунту

1. Початок і тривалість виконання робіт з поверхневого обробітку ґрунту встановлює агроном господарства відповідно до агрономічних термінів і станом ґрунтів.

2. Глибина обробітку ґрунту повинна бути в межах 16-24 см. Відхилення середньої глибини від заданої допускаються не більш 5 відсотків.

3. При заданій вологості в обробленому шарі агрегатний склад фракції 10 до 20 мм повинний скласти не менш 60 %.

4. На полях з ухилом більш 2 градусів обробіток ґрунту варто робити поперек напрямку схилу.

5. Робочі органи не повинні забиватися ґрунтом і рослинними залишками.

6. Огріхи в обробленому полі не допускаються.

7. Поворотні смуги повинні бути розпушені, неопрацьована смуга границь поля поблизу доріг і лісових посадок не повинна перевищувати 1 м.

					<i>ДПА/с 25.07.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.1 Розрахунок складу і режиму руху машинно-тракторного агрегату

Цей розрахунок проводиться з метою визначення оптимального складу і режиму руху с.-г. агрегату (робочої передачі, швидкості руху і годинної витрати палива при робочому проході і при холостому русі [30,31,32]

Підбор с.-г. машини й альтернативних робочих передач трактора

Підбирається комбінований агрегат

Альтернативні робочі передачі трактора визначаються з умови

$$\max(V_{a \min}) \leq V_{рн j} \leq \min(V_{a \max}), j=N..M, \quad (3.1)$$

де $V_{a \min}$, $V_{a \max}$ - відповідно мінімальні і максимальна агротехнічні швидкості для обраної с.-г. машини, $V_{a \min} = 4$ км/год, $V_{a \max} = 10$ км/год ;

$V_{рн j}$ - номінальна робоча швидкість трактора на j-ої передачі, км/год;

N, M - номери відповідно нижчих і вищої альтернативних робочих передач трактора.

Швидкості $V_{a \min k}$ і $V_{a \max k}$ беруться з паспортних дані машини, а $V_{рн j}$ - з тягової характеристики заданого трактора на відповідному агрофоні. Для альтернативних робочих передач трактора параметри тягової характеристики виписуються в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1

Параметри тягової характеристики трактора МТЗ-82 на агрофоні - стерня

Передача J	Номинальн. крюковое зусил. $P_{крнj}$, кН	Швидкість, км/год		Погодини витр. пал. кг/год		Максим. кр. потужн. $N_{крmax j}$, кВт
		Номин. робоча $V_{рнj}$	Хол. ходу тракт. V_{xj}	Номіналь ний $G_{тнj}$	На холост. ходу $G_{тх}$	
2	18,0	3,5	4,0	7,8	4,4	19,8
3	14,7	6,8	7,7	11,5	4,8	30,8
4	12,6	8,6	9,7	12,5	5,4	33,3
5	10,6	10,3	11,6	13,1	5,8	33,8

Визначення питомого тягового опору с.-г. машини на альтернативних передачах трактора, кН/м

$$K_{vj} = K_0 [1 + (V_{рнj} - V_0) \Delta C / 100], \quad (3.2)$$

де K_0 - питомий тяговий опір обраної с.-г. машини при швидкості $V_0 = 5$ км/год, $K_0 = 2,5$ кН/м ;

ΔC - темп зміни D_{O_0} від швидкості руху для с.-г. машини,

$\Delta C = 3$ %, люд./км.

$$K_{v2} = 2,5 [1 + (3,5 - 5) 3 / 100] = 2,3875 \text{ кНм},$$

$$K_{v3} = 2,5 [1 + (6,8 - 5) 3 / 100] = 2,635 \text{ кНм},$$

$$K_{v4} = 2,5 [1 + (8,6 - 5) \cdot 3 / 100] = 2,77 \text{ кНм},$$

$$K_{v5} = 2,5 [1 + (10,3 - 5) \cdot 3 / 100] = 2,8975 \text{ кНм},$$

Визначення граничної ширини захоплення на альтернативних передачах трактора, м

$$B_{прj} = \frac{[\xi_p] (P_{крнj} - G \cdot i / 100)}{K_{vj} + g_{мк} \cdot i / 100 + g_{сц} (f_{сц} + i / 100)}, \quad (3.3)$$

де $[\xi_p]$ - припустимий ступінь завантаження трактора по тязі ;

G - експлуатаційна вага трактора , кН;

i - ухил поверхні поля (із завдання), %;

$g_{мк}$, $g_{сц}$ - середня вага, що приходить на один метр ширини захоплення відповідно для с.-г. машини k -го виду і для зчіпки, кН/м;

$$g_m = G_m / B_m, \quad g_{сц} = G_{сц} / B_{сц}, \quad (3.4)$$

де G_m , $G_{сц}$ - конструктивна вага відповідно с.-г. машини k -го виду і зчіпки, $G_m = 7,85$ кН, $G_{сц} = 0$, тому що зчіпка відсутня;

B_m , $B_{сц}$ - конструктивна ширина захоплення відповідно с.-г. машини і зчіпки, $B_m = 3,15$ м, $B_{сц} = 0$ м,

$$g_m = 7,85 / 3,15 = 2,5 \text{ кН/м}, \quad g_{сц} = 0 \text{ кН/м}$$

$$B_{\text{пр1}} = \frac{0,92(18,0 - 36 \cdot 3/100)}{2,3875 + 2,5 \cdot 3/100} = 6,321 \text{ м,}$$

$$B_{\text{пр2}} = \frac{0,92(14,7 - 36 \cdot 3/100)}{2,635 + 2,5 \cdot 3/100} = 4,624 \text{ м,}$$

$$B_{\text{пр3}} = \frac{0,92(12,6 - 36 \cdot 3/100)}{2,77 + 2,5 \cdot 3/100} = 3,725 \text{ м,}$$

$$B_{\text{пр4}} = \frac{0,92(10,6 - 36 \cdot 3/100)}{2,8975 + 2,5 \cdot 3/100} = 2,946 \text{ м,}$$

Визначення складу МТА

Одно машинний агрегат переважає багатомашинний, тому що не має потреби в зчїпці, легше і швидше комплектується, має кращі кінематичні якості. Однак одно машинний агрегат не завжди забезпечує раціональне завантаження трактора і, тому, може уступати багатомашинному. У цьому випадку, насамперед, перевіряється можливість комплектування одно машинного агрегату (коли ширина захоплення с.-г. машини близька, але не перевищує граничну ширину захоплення на розглянутій передачі, тобто коли $B_{\text{мj}} \leq B_{\text{прj}}$). Якщо ж ширина захоплення машини менше $B_{\text{прj}}$ більш ніж у 2 рази, то визначається потрібна кількість цих с.г. машин в агрегаті по формулі

$$n_{\text{мj}} = (B_{\text{прj}} / B_{\text{мkj}}), \quad (3.5)$$

При цьому потрібна ширина захоплення (фронт) зчїпки визначається по формулі:

$$B_{\text{сцj}} \geq B_{\text{прj}} - B_{\text{мj}}, \quad (3.6)$$

У нашому випадку :

$$B_{\text{м1}}=3,15 \text{ м, } n_{\text{м2}}=6,321/3,15 = 2=2,$$

$$B_{\text{м3}}=3,15 \text{ м, } n_{\text{м3}}=4,624/3,15 = 1,47=1,$$

$$B_{\text{м3}}=3,15 \text{ м, } n_{\text{м4}}=3,725/3,15 = 1,18=1,$$

$$B_{\text{м4}}=3,15 \text{ м, } n_{\text{м5}}=2,946/3,15 = 0,94=1,$$

					ДПА/с 25.07.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Вибір робочої передачі трактора

Орієнтований вибір робочої передачі трактора може виробляється з умови найкращого завантаження трактора по тязі

$$\xi_p = \max(\xi_{pj}) \leq [\xi_p], \quad j = N..M, \quad (3.7)$$

$$\xi_{pj} = \frac{R_{aj}}{P_{крпj} - G \cdot i / 100}, \quad (3.8)$$

де L - номер обраної передачі трактора;

R_{aj} - тяговий опір МТА на j -ої передачі трактора, кН.

$$R_{aj} = n_{mj} (K_{vjk} \cdot V_{mjk} + G_{mjk} \cdot i / 100) + G_{сцj} (f_{сц} + i / 100), \quad (3.9)$$

$$R_{a1} = 1(2,3875 \cdot 3,15 + 7,85 \cdot 3 / 100) = 7,756 \text{ кН},$$

$$R_{a4} = 1(2,635 \cdot 3,15 + 7,85 \cdot 3 / 100) = 8,536 \text{ кН},$$

$$R_{a3} = 1(2,77 \cdot 3,15 + 7,85 \cdot 3 / 100) = 8,961 \text{ кН},$$

$$R_{a4} = 1(2,8975 \cdot 3,15 + 7,85 \cdot 3 / 100) = 9,363 \text{ кН},$$

$$\xi_{p2} = \frac{7,756}{18,0 - 40,0 \cdot 3 / 100} = 0,462 < [\xi_p],$$

$$\xi_{p3} = \frac{8,536}{14,7 - 40,0 \cdot 3 / 100} = 0,543 < [\xi_p],$$

$$\xi_{p4} = \frac{8,961}{12,6 - 40,0 \cdot 3 / 100} = 0,786 < [\xi_p],$$

$$\xi_{p5} = \frac{9,363}{10,6 - 40,0 \cdot 3 / 100} = 0,996 < [\xi_p].$$

Умові (3.7) відповідає 4 передача, тобто попередньо $L=4$,

Остаточний вибір робочої передачі виробляється з умови максимуму “чистої” годинної продуктивності МТА

$$W_{чч} = \max(W_{ччj}), \quad j = N..M \quad (3.10)$$

$$W_{ччj} = 0,1 \cdot B_{pj} \cdot V_{pj}, \quad (3.11)$$

де B_{pj} - робоча ширина захоплення МТА на j -ої передачі трактора, м;

					<i>ДПА/с 25.07.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

V_{pj} - робоча швидкість МТА на j -ої передачі трактора, км/год

$$V_{pj} \approx V_{рнj} + (V_{xj} - V_{рнj})(1 - \xi_{pj}), \quad (3.12)$$

де V_{xj} - швидкість холостого ходу трактора на j -ої передачі (див. табл. 3.1), км/ч.

Робоча ширина захоплення визначиться :

$$B_{pj} = v_{mj} \cdot n_{mj} \cdot \beta, \quad (3.13)$$

де β - коефіцієнт використання конструктивної ширини захоплення відповідного машини-знаряддя, $\beta=0,98$.

$$B_{p5} = 3,36 \cdot 0,98 = 3,29 \text{ м,}$$

$$V_{p4} \approx 8,6 + (9,7 - 8,6)(1 - 0,786) = 8,835 \text{ км/год,}$$

$$V_{p5} \approx 10,3 + (11,6 - 10,3)(1 - 0,996) = 10,305 \text{ км/год,}$$

$$W_{чч3} = 0,1 \cdot 3,024 \cdot 8,835 = 3,471 \text{ га/год,}$$

$$W_{чч4} = 0,1 \cdot 3,29 \cdot 9,64 = 3,13 \text{ га/год,}$$

Умові, (3.10) відповідає 4 передача, тобто остаточно $L=4$

Витрата палива за один гектар зробленої роботи

$$g_w = G_{тн4} / W_{чч4}$$

$$g_w = 15,96 / 3,13 = 5,1 \text{ кг/га}$$

Розрахунок годинної витрати палива при робочому проході МТА на обраній передачі, км/год

$$G_{тр} \approx G_{тн} - (G_{тн} - G_{тх})(1 - \xi_p), \quad (3.14)$$

де $G_{тх}$ - годинна витрата палива на холостому ходу трактора на обраній передачі (див. табл. 3.1), кг/год.

$$G_{тр4} \approx 47,5 - (12,5 - 5,4)(1 - 0,82) = 15,96 \text{ кг/год.}$$

Визначення швидкості руху МТА на холостому ходу

Спочатку визначається тяговий опір МТА на холостому ходу R_{ax} , кН:

$$R_{ax} = G_M \cdot n_M (f_M + i/100) + G_{сц} (f_{сц} + i/100), \quad (3.15)$$

					ДПА/с 25.07.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

де f_m - коефіцієнт опору перекочуванню коліс с.-г. машини $f_m=0,09$

$$R_{ax}=7,85 \cdot 1(0,09+3/100)+0=0,94 \text{ кН.}$$

Далі визначається передача трактора за умовою

$$\xi_{px} = \max\left(\frac{R_{ax}}{P_{крj} - G \cdot i / 100}\right) \leq [\xi_p], \quad j = N..M_{\max}, \quad (3.16)$$

де M_{\max} - найвища передача трактора;

$[\xi_p]$ - припустимий ступінь завантаження трактора по тязі при транспортуванні, $[\xi_p]=0,80$.

Умові (3.16) відповідає 4 передача трактора, тому що

$$\xi_{px4}=0,94/(12,6-36 \cdot 3/100)=0,08 < 0,8 = [\xi_p].$$

Далі визначається швидкість холостому руху МТА по формулі (3.12).

$$V_{x4}=8,6+(9,7-8,6)(1-0,08)=9,62 \text{ км/год.}$$

При поворотах швидкість V_x за умовою безпеки не повинна перевищувати 8 км/ч. Це досягається зменшенням подачі палива і переключенням двигуна на часткову характеристику.

3.2 Розрахунок годинної витрати палива на холостому ході МТА

Розрахунок виробляється по формулі (3.14)

$$G_{ТХЗ} \approx 12,5 - (12,5 - 5,4)(1 - 0,08) = 5,968 \text{ кг/год}$$

Якщо фактичну швидкість холостому ходу МТА передбачається знизити шляхом переключення роботи двигуна на часткову характеристику, то фактична витрата палива також знизиться і його приблизно можна визначити по формулі

$$G_{ТХ}^{\approx} \approx G_{ТХ} \left(1 - k_G \xi_p \frac{V_x - V_x^{\approx}}{V_x}\right), \quad (3.17)$$

де V_x^{\approx} - значення зниженої за рахунок зменшення подачі палива швидкості руху МТА, $V_x^{\approx}=8,0$ км/год;

					<i>ДПА/с 25.07.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

k - поправочний коефіцієнт, $k \approx 1,5$.

$$G_{mx}^{\approx} \approx 5,968 \left(1 - 1,5 * 0,08 \frac{9,62 - 8}{9,62} \right) = 43,7 \text{ кг/год}$$

Результати розрахунку складу і режиму руху агрегату заносяться в таб 3.2.

Таблиця 3.2

Експлуатаційні показники агрегату

Склад агрегату		Кіл. маш.	Роб. шир. захв. V_p , м	Кіл. обл. перс., люд		Роб. пе-ре-дача	Швид. руху V_p , км/год	Прод. $W_{чч}$, га/год	Вит. Пал. g_w , кг/га	Вит. праці Z_t , ч.г/га	Експл. витр. I_w , Грн./га
Марка	енерг. засіб			с.-г. машин	механ m_m						
МТЗ-82	АПП-3.2	1	3,02	1	-	4	9,6	3,13	5,1	0,385	32,4

Підготовка агрегату до роботи

1. При підготовці знаряддя до роботи необхідно ретельно перевірити стан усіх вузлів і деталей, ослаблені кріплення підтягти, а деформовані деталі відремонтувати або замінити.

2. Складання агрегату в натурі і забезпеченість додатковими пристроями.

3. Випробування агрегату на холостому ході і в роботі.

Підготовка агрегату до роботи включає підготовку трактора й агрегованих машин, а також підготовку агрегату в цілому.

Вибір способу руху агрегату по полю [32]

Для поверхневого обробітку ґрунту існують альтернативні способи руху – це човниковий і круговий. Вибір того або іншого способу руху для виконання заданої с.-г. операції вибирається з урахуванням наступних моментів:

- вимог агротехніки;
- особливостей конструкції і складу агрегату;

- найменших витрат часу на холостому русі (за найбільшим значенням коефіцієнта робочих ходів φ або коефіцієнта використання часу руху $\tau_{дв}$) ;
- найменших витрат праці і засобів на підготовку до роботи ділянки (розмітка, розбивка й ін.).

Коефіцієнт робочих ходів визначається по формулі

$$\varphi = S_p / (S_p + S_x), \quad (3.18)$$

де S_p, S_x - загальна довжина шляху відповідно робочого і холостому руху на ділянці (загоні), м

$$S_p = \sum_{k=1}^{n_{px}} L_{pk} \approx L_{pср} \cdot n_{px}, \quad (3.19a)$$

$$S_x = \sum_{k=1}^{n_{xx}} L_{xk} \approx L_{xср} \cdot n_{xx}, \quad (3.19б)$$

де L_{pk}, L_{xk} - поточне значення довжини відповідно робочий і холостий ходи, м;

$L_{pср}, L_{xср}$ - середня довжина відповідно робочого і холостого ходів, м;

n_{px}, n_{xx} - кількість відповідно робочих і холостих ходів агрегату на ділянці.

Середня довжина робочого ходу визначається:

для кругового способу руху

$$L_{pср} = L/2 - E_{п}; \quad (3.20a)$$

для човникового способу руху

$$L_{pср} = L - 2E_{п}; \quad (3.20б)$$

де L - довжина полючи (гону), м;

$E_{п}$ - ширина поворотної смуги, м

$$E_{п} = n_{пр} \cdot B_p \geq E_{пmin}, \quad (3.21)$$

					<i>ДПА/с 25.07.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

де $n_{\text{пр}}$ - кількість проходів агрегату на поворотній смузі

$$n_{\text{пр}} \geq E_{\text{пmin}} / B_{\text{р}}, \quad (3.22)$$

де $E_{\text{пmin}}$ - мінімальна ширина поворотної смуги, м

$$E_{\text{пmin}} = K_{\text{Е}} \cdot R_0 + e + d_{\text{к}}, \quad (3.23)$$

де $K_{\text{Е}}$ - коефіцієнт, що залежить від способу повороту: для закритої петлі $K_{\text{Е}} = 2$, для грушоподібного повороту $K_{\text{Е}} = 2.8$;

R_0 - радіус повороту агрегату, $R_0 = 5$ м;

e - довжина виїзду агрегату, м;

$d_{\text{к}}$ - кінематична ширина агрегату з зовнішньої сторони повороту - для симетричних агрегатів $d_{\text{к}} \approx 0,5 \cdot B_{\text{р}} = 0,5 \cdot 3,024 = 1,512$ м.

Довжина виїзду для причіпного МТА $e \approx 0,5l_{\text{а}}$, де

$$l_{\text{а}} = l_{\text{т}} + l_{\text{м}} + l_{\text{сц}}, \quad (3.24)$$

де $l_{\text{т}}$, $l_{\text{м}}$, $l_{\text{сц}}$ - кінематична довжина відповідно енергетичного засобу, машин-знарядь і зчіпки : $l_{\text{т}} = 4$ м, $l_{\text{м}} = 3,3$ м, $l_{\text{сц}} = 0$ м

$$L_{\text{а}} = 4 + 3,3 = 7,3 \text{ м}, \quad e \approx 0,5 \cdot 7,3 = 3,65 \text{ м},$$

Для грушоподібного способу повороту

$$E_{\text{пmin}} = 2,8 \cdot 5 + 3,65 + 1,512 = 19,162 \text{ м},$$

$$n_{\text{пр}} = 8 > 19,162 / 3,024 = 6,33,$$

$$E_{\text{п}} = 8 \cdot 3,024 = 24,2 \text{ м};$$

Для повороту за допомогою закритої петлі:

$$E_{\text{пmin}} = 2 \cdot 5 + 3,65 + 1,512 = 15,162 \text{ м},$$

$$n_{\text{пр}} = 8 > 15,162 / 3,024 \approx 5$$

$$E_{\text{п}} = 5 \cdot 3,024 = 15,12 \text{ м}.$$

для кругового способу руху

$$L_{\text{рсп}} = 1000 / 2 - 15,12 = 484,9 \text{ м};$$

Для човникового способу руху

					<i>ДПА/с 25.07.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

$$L_{\text{ср}}=1000-2\cdot 24,2=951,6 \text{ м};$$

Середня довжина одного повороту визначається по формулі, м

$$L_{\text{хср}} = K_x \cdot R_0 + 2e, \quad (3.25)$$

де K_x - коефіцієнт, що залежить від способу повороту: для закритої петлі

$K_x = 6,0$; для грушоподібного повороту $K_x = 7,0$.

Для закритої петлі $L_x \approx 6 \cdot 5 + 2 \cdot 3,65 = 37,3$ м,

Для грушоподібного повороту $L_x \approx 7 \cdot 5 + 2 \cdot 3,65 = 42,3$ м.

Прийнявши у формулах (3.19) $n_{\text{рх}} \approx n_{\text{хх}}$ по формулі (3.18) розраховується:

Для кругового способу руху

$$\varphi = 484,9 / (484,9 + 37,3) = 0,928;$$

для човникового способу руху

$$\varphi = 951,6 / (951,6 + 42,3) = 0,957;$$

Таким чином, для розглянутих умов більш вигідним є човниковий спосіб руху, у якого φ має найбільше значення.

Підготовка поля (ділянки) до роботи

При підготовці поля до передпосівної обробки необхідно провести наступні заходи:

1. Усунути або відгородити перешкоди, що заважають роботі знаряддя.
2. Відбити поворотні смуги.
3. Розбити поле на загони.
4. Лінію першого проходу установити уздовж гону на відстані 1 м від зрошувачів.

3.3 Організація роботи агрегата в загоні [31]

Тривалість циклу, хв:

$$t_{\text{ц}} = (t_{\text{р}} + t_{\text{х}} + t_{\text{оч}}) n_{\text{прц}} + t_{\text{з}}, \quad (3.26)$$

					<i>ДПА/с 25.07.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

де t_p , t_x - середня тривалість відповідно одного робочого ходу й одного повороту, хв;

$t_{оч}$ - середня тривалість очищення робочих органів у розрахунку на один робітник прохід агрегату, приймається $t_{оч} = 0$ хв;

t_3 - тривалість зупинки для заправлення (розвантаження) технологічних ємкостей, $t_3=0$.

Кількість проходів агрегату в циклі $n_{прц}$ у випадку, коли $t_3 = 0$ приймається $n_{прц} = 2$.

$$t_p = 0.06 L_{рсп} / V_p, \quad (3.27a)$$

$$t_x = 0.06 L_{хсп} / V_x, \quad (3.27b)$$

де V_p , V_x - середні швидкості відповідно при робочому ході і при холостому русі (див. п. 3.3), км/год;

$$t_p = 0,06 \cdot 951,6 / 8,835 = 6,46 \text{ хв.}, \quad t_x = 0,06 \cdot 42,3 / 8 = 0,32 \text{ хв.}$$

$$t_{ц} = (6,46 + 0,32 + 0) \cdot 2 + 0 = 13,48 \text{ хв.}$$

Тривалість нециклових операцій за зміну, хв

$$T_{нц} = t_{в1} + t_{в2} + t_k + t_{то} + t_{ф}, \quad (3.28)$$

де $t_{в1}$, $t_{в2}$ - тривалість переїзду агрегату відповідно на поле і з поля (до місця навантаження для транспортного агрегату), хв;

t_k , $t_{то}$, $t_{ф}$ - тривалість зупинок агрегату відповідно для контролю якості роботи і регулювань агрегату в полі (на маршруті), для внутрішньозмінного технічного обслуговування агрегату і по фізіологічним надобностям, приймається $t_k = 8$ хв, $t_{то} = 16$ хв і $t_{ф} = 18$ хв .

$$t_{в1} \approx t_{в2} = 60 l_{п} / V_x, \quad (3.29)$$

де $l_{п}$ - відстань від тракторної бригади до поля (місця навантаження), $l_{п} = 5$ км.

$$t_{в1} \approx t_{в2} = 60 \cdot 5 / 11,6 = 25,9 \text{ хв,}$$

$$T_{нц} = 25,9 + 25,9 + 8 + 16 + 18 = 93,8 \text{ хв.}$$

					ДПА/с 25.07.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

$$\text{Кількість циклів агрегату за зміну} \\ n_{\text{ц}} = \text{ціле} [(T_{\text{см}} - T_{\text{нц}}) / t_{\text{ц}} + 0.5], \quad (3.30)$$

де $T_{\text{см}}$ - тривалість зміни, $T_{\text{см}} = 420$ хв.

$$n_{\text{ц}} = \text{ціле} [(420 - 93,8) / 13,42 + 0.5] = 25$$

Фактична тривалість зміни, хв

$$T_{\text{см}}^* = t_{\text{ц}} \cdot n_{\text{ц}} + T_{\text{нц}}. \quad (3.31)$$

$$T_{\text{см}}^* = 13,42 \cdot 25 + 93,8 = 429,3 \text{ хв.}$$

Обсяг роботи, виконуваний, га:

за прохід

$$F_{\text{пр}} = 10^{-4} \cdot B_{\text{р}} \cdot L_{\text{рсп}}; \quad (3.32\text{а})$$

$$F_{\text{пр}} = 10^{-4} 3,024 \cdot 951,6 = 0,288 \text{ га};$$

за цикл

$$F_{\text{ц}} = F_{\text{пр}} \cdot n_{\text{прц}}; \quad (3.32\text{б})$$

$$F_{\text{ц}} = 0,288 \cdot 2 = 0,576 \text{ га};$$

за зміну

$$F_{\text{см}} = F_{\text{ц}} \cdot n_{\text{ц}}; \quad (3.32\text{в})$$

$$F_{\text{см}} = 0,576 \cdot 25 = 14,4 \text{ га.}$$

Коефіцієнт використання часу зміни

$$\tau = \frac{t_{\text{р}} \cdot n_{\text{прц}} \cdot n_{\text{ц}}}{T_{\text{см}}^*}. \quad (3.33)$$

$$\tau = \frac{6,46 \cdot 2 \cdot 25}{429,3} = 0,752$$

Результати розрахунків по п. 3.7 приводяться в таблиці 3.3.

3.4 Розрахунок показників ефективності роботи агрегату [32]

Технічна продуктивність (норма виробітку):

годинна:

$$W_{\text{тч}} = 0.1 \cdot B_{\text{р}} \cdot V_{\text{р}} \cdot \tau; \quad (3.34)$$

$$W_{\text{тч}} = 0,1 \cdot 3,29 \cdot 9,6 \cdot 0,952 = 3,13 \text{ га/год};$$

					<i>ДПА/с 25.07.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

змінна

$$W_{\text{ТСМ}} = W_{\text{ТЧ}} \cdot T_{\text{СМ}}^* / 60 . \quad (3.35)$$

$$W_{\text{ТСМ}} = 3,13 \cdot 429,3 / 60 = 22,4 \text{ га/зміну};$$

Таблиця 3.3

Послідовність і тривалість роботи МТА

Операція	Повто рність	Пере дача	Швид. руху, км/год	Продовження. операції, хв		Об'єм роботи, га
				цикл.	нецикл.	
1	2	3	4	5	6	7
Переїзд на поле $t_{в1}$	1	5	11,6	-	25,9	-
Робочий хід (початок) t_p	1	4	8,835	1	-	0,05
Контр. якості і регул. t_k	-	-	-	-	8	-
Робочий хід (кінець.) t_p	1	4	8,835	3,2	-	0,135
Поворот t_x	1	4	8,0	0,32	-	-
Очищення роб. орган. $T_{оч}$	-	-	-	0	-	-
Робочий хід t_p	1	3	8,835	6,46	-	0,258
Поворот t_x	1	3	8,0	0,32	-	-
Очищення роб. орган. $T_{оч}$	-	-	-	0	-	-
Разом за цикл $t_{ц}$	2	-	-	13,48	-	0,443
Разом за всі цикли $t_{ц} \cdot n_{ц}$	28	-	-	337	-	12,404
Внутрішнє ТО $t_{то}$	-	-	-	-	16	-
Задов. фізіол. потреб. $t_{ф}$	-	-	-	-	18	-
Переїзд на бригаду $t_{в2}$	1	3	11,6	-	25,9	-
Разом нецикл. $T_{нц}$	-	-	-	-	93,8	-
Разом за зміну $T_{СМ}^*$	$n_{ц}$	-	-	-	429,3	12,404

Питома витрата палива, кг/га (кг/т·км)

$$g_w = \frac{G_{\text{Тр}} \cdot T_p + G_{\text{ТХ}} \cdot T_x + G_{\text{ТО}} \cdot T_0}{60W_{\text{ТСМ}}} , \quad (3.36)$$

де $G_{\text{Тр}}$, $G_{\text{ТХ}}$, $G_{\text{ТО}}$ - годинна витрата палива агрегатом відповідно при робочому русі, при холостому русі і на зупинках (значення $G_{\text{Тр}}$ і

$G_{ТХ}$ беруться з тягових розрахунків), $G_{Тр} = 12,5$ кг/год, $G_{ТХ} = 5,4$ кг/год і $G_{То} = 0,8$ кг/год;

$T_{Тр}$, $T_{ТХ}$, T_e - загальна тривалість за зміну відповідно робітників ходів, холостого руху і зупинок, хв

$$T_p = T_{CM}^* \cdot \tau, \quad (3.37)$$

$$T_p = 429,3 \cdot 0,752 = 322,8 \text{ хв};$$

$$T_x = t_x \cdot n_{прц} \cdot n_{ц} + t_{в1} + t_{в2}. \quad (3.38)$$

$$T_x = 0,32 \cdot 2 \cdot 25 + 25,9 + 25,9 = 67,8 \text{ хв};$$

Тривалість зупинок:

$$T_e = (t_{оч} \cdot n_{прц} + t_3) n_{ц} + t_k + t_{то} + t_{ф}; \quad (3.39)$$

$$T_e = 0 + 8 + 16 + 18 = 42;$$

$$g_w = \frac{12,5 \cdot 322,8 + 5,4 \cdot 67,8 + 0,8 \cdot 42}{60 \cdot 14,31} = 5,17 \text{ кг/га.}$$

Витрати праці, л.-ч/га (л.-ч/т·км)

$$Z_T = m / W_{Тч}, \quad (3.40)$$

де m - кількість обслуговуючого персоналу на агрегаті, чіл.

$$Z_T = 1/2 = 0,5 \text{ ч.-год/га.}$$

3.5 Прямі експлуатаційні витрати при використанні агрегату

Прямі експлуатаційні витрати на одиницю виконаної роботи (грн./га) розраховуються [30]:

$$P_e = \frac{C_{Тр} + C_m + C_{зч}}{W_{чч}} + C_{пмм} + C_{пр}, \quad (3.41)$$

де: $C_{Тр}$, C_m , $C_{зч}$ - витрати на реновацію, ремонт, технічне

обслуговування і зберігання (віднесені до однієї години роботи) відповідно трактора, машини, зчіпки, грн./год;

					<i>ДПА/с 25.07.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$C_{пмм}$ – витрати на паливо-мастильні матеріали з розрахунку на га, грн./га;

$C_{пр}$ – витрати на оплату праці при виконанні одиниці роботи, грн./га.

$$C_{тр} = \frac{B_{тр} (P_a + P_{то} + P_{зб})}{100 \cdot T_{ртр}}, \quad (3.42)$$

де: $B_{тр}$ – балансова вартість трактора, грн.,

$P_a, P_{то}, P_{зб}$ – відповідно річні норми нарахувань на амортизацію, поточний ремонт і технічне обслуговування та зберігання трактора, % ;

T_p – річне навантаження трактора, год .

$$C_{тр} = \frac{76000(12,5 + 4,0 + 22)}{100 \cdot 1200} = 24,38 \text{ грн/год},$$

Витрати на реновацію, ремонт, технічне обслуговування і зберігання с.г. машини розраховуємо подібно формулі (3.42), підставляючи відповідні значення балансової вартості та річні норми відрахувань .

$$C_m = \frac{8424(20 + 27)}{100 \cdot 180} = 22 \text{ грн/год},$$

Витрати на паливо-мастильні матеріали ($B_{п.м.м}$)

розраховується

$$C_{пмм} = C_{п,} \cdot g_w, \quad (3.43)$$

де: $C_{п,}$ – ціна палива (комплексна), грн./кг;

g_w – норма витрати палива, кг/га (див. таб. 3.2)

$$C_{пмм} = 4,0 \cdot 3,63 = 14,52 \text{ грн/га}$$

Витрати коштів на оплату за працю при роботі агрегату розраховується:

$$C_{пр} = (Z_{мех} \cdot m_{мех} \cdot k_{мех} + Z_{обс} \cdot m_{обс} \cdot k_{обс}) / W_{змф}, \quad (3.44)$$

де: $Z_{мех}$ – тарифна змінна ставка механізатора за відповідним розрядом, грн./зм ;

$m_{мех}$ – кількість механізаторів, що обслуговують агрегат, чол.;

					ДПА/с 25.07.00.00.000 ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$Z_{обс}$ – тарифна змінна ставка допоміжних робітників, грн./зм ;

$m_{обс}$ – кількість допоміжних робітників, що обслуговують агрегат, чол.;

$k_{мех}$, $k_{обс}$ – коефіцієнти, що враховують додаткову зарплату (можна прийняти:

$$k_{мех}=1,56; k_{обс}=1,31).$$

$$C_{пр}=(2,0 \cdot 1 \cdot 1,56 + 15 \cdot 1 \cdot 1,31)/26,6=0,86 \text{ грн/га}$$

$$P_e = \frac{24,38 + 22}{2,671} + 14,52 + 0,86 = 32,74 \text{ грн/га},$$

Контроль якості роботи

1. Контроль якості роботи здійснюється:

1.1 Трактористом-машиністом – у процесі роботи;

1.2 Приймальником – у процесі і по закінченні роботи.

2. Оцінка якості роботи здійснюється проходом через ділянку по діагоналі і проведенням вимірів через рівні, заздалегідь намічені відстані.

3. Глибину обробітку визначають по ширині захоплення знаряддя, відхилення глибини обробітку допускається 5 відсотків від заданої глибини обробітку.

4. Необхідно видалити за допомогою лопати оброблений шар ґрунту і провести вимір, відповідно до рисунка 4.1 на листі „Операційно-технологічна карта”.

Техніка безпеки та охорона праці

Для забезпечення безпечної роботи агрегату не допускаються до роботи особи, не минулого інструктажу з безпеки роботи, про що повинна бути зроблена відповідний запис у журналі.

Стороннім особам не дозволяється знаходитися на працюючому агрегаті, а також у безпосередній близькості від нього.

Забороняється ремонтувати або регулювати вузли трактора і ґрунто-обробного знаряддя, коли його робочі органи підняті під дією гідроциліндру, не підставивши під знаряддя спеціально призначені для цього підставки, не

					ДПА/с 25.07.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

допускається робити очищення органів руками, для цього необхідно використовувати чистик, що поставляється в комплекті зі знаряддям.

3.6 Висновок за розділом

- Розроблено операційно-технологічна карту на виконання основного безполицевого обробітку ґрунту.
- Операційно-технологічна карта дозволяє із дотриманням агротехнічних строків та з додержанням всіх агротехнічних вимог виконувати обробіток ґрунту.
- Контроль якості дозволяє виконувати технологічний процес у відповідності із вимогами щодо технологічних завдань.

					<i>ДПА/с 25.07.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ЗНАРЯДДА ДЛЯ ПЕРЕДПОСІВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

Для визначення економічної ефективності за базовий варіант прийнятий культиватор комбінований причіпний FORWARD 5 (ТОВ "ПУФ"Велес Євро Трейд") наведений на рис.5.1) який порівнювався із АПП-3.2, що розробляється.



Рис. 5.1 Комбінований агрегат FORWARD 5

Розрахунок показників економічної ефективності застосування нового знаряддя для передпосівної обробки ґрунту виконаний з використанням методики, розробленої ВІСГОМ стосовно до умов півдня України. Розрахунок базується на прогнозованому прирості врожайності озимої пшениці за рахунок стабілізації руху робочих органів по глибині і заданій щільності ґрунту в посівному шарі.

Річний економічний ефект (E_p) визначається як різниця приведених витрат по варіантах згідно формули [22]:

$$E_p = [(C_{пв} + E_v \cdot K_{пв}) - (C_{пн} + E_n \cdot K_{пн}) + Д] \cdot Q_n, \quad (5.1)$$

де $C_{пв}$, $C_{пн}$ – питомі експлуатаційні витрати на одиницю продукції при вихідному і порівнюваному варіантах, грн.;

					<i>ДПА/с 25.07.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

$K_{ПВ}, K_{ПН}$ – питомі капітальні вкладення по тій же варіантам, грн.;
 E_B, E_H – нормативні коефіцієнти ефективності капітальних вкладень;
 D – додатковий чистий дохід за рахунок збільшення кількості продукції;
 Q_H – річний обсяг роботи.

З урахуванням методики галузева собівартість розроблювального знаряддя визначається з вираження [20,21,22]:

$$C_r = P \cdot (\Pi \cdot H \cdot K_M + M) + D, \quad (5.2)$$

де P – чиста вага знаряддя, кг, $P = 1250$ кг;

Π – коефіцієнт конструкторської складності у порівнянні із серійним культиватором;

H – витрати на виробництво 1 кг чистої маси однотипної продукції, $H = 80$ грн/кг;

K_M – коефіцієнт зміни витрат на виробництво, $K_M = 1,19$;

M – вартість 1 кг чистої маси матеріалу, що входить в знаряддя, грн/кг, $M = 180$ грн/кг;

D – вартість витрат, зв'язаних із транспортними витратами, $D = 3000$ грн.

$$C_r = 1210 \cdot (1,0 \cdot 80 \cdot 1,19 + 180) + 3000 = 320165 \text{ грн.}$$

Нижня межа ціни розраховується по формулі

$$Ц_{н.п.} = C_r + \Pi_H, \quad (5.3)$$

де Π_H – нормативний прибуток, грн.

$$\Pi_H = \frac{P_c \cdot C_r}{100}, \quad (5.4)$$

де P_c – галузева нормативна рентабельність, $P_c = 7\%$

$$\Pi_H = \frac{7 \cdot 320165}{100} = 22411,6 \text{ грн.}$$

$$Ц_{н.п.} = 320165 + 22411,6 = 342567,6 \text{ грн.}$$

Лімітна ціна (галузева)

$$Ц_{л.} = B \cdot Ц_{н.п.} \quad (5.5)$$

					<i>ДПА/с 25.07.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де B – коефіцієнт подорожчання, зв'язаний з підвищенням витрат виробництва продукції з за її не серійності, $B = 1,2$.

$$C_{\Gamma} = 1,2 \cdot 342567,6 \approx 411092 \text{ грн.}$$

Таким чином, галузева ціна знаряддя склала 411092 грн.

Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності приведені в таблиці.

Таблиця 5.1

Техніко-економічна характеристика агрегатів

Показники	Нове ґрунтообробне знаряддя		Базове ґрунтообробне знаряддя	
	Величина	Джерело	Величина	Джерело
Марка трактора	УТО-NLX804	Протокол випробувань	ДТ-75	Протокол випробувань
Оптова ціна машини, грн.	411092	Розрахунок	507950	Прейскурант
Оптова ціна трактора, грн.	1 236 700	Прейскурант	1 736 700	Прейскурант
Продуктивність, га/год	3,13	Розрахунок	4,10	Розрахунок
Нормативне річне завантаження, га:				
Трактора	1950	н.д.м.*	1950	н.д.м.
Сільгоспмашини	360	н.д.м.	360	н.д.м.
Кількість обслуговуючого персоналу, чіл.	1	Розрахунок	1	Розрахунок
Тарифна ставка тракториста, грн./год.	38	н.д.м.	38	н.д.м.
Відрахування по трактору, %				
Реновація	24,5	н.д.м.	24,5	н.д.м.
Ремонт и ТО	22	н.д.м.	22	н.д.м.
Відрахування по с.-г. машині, %				
Реновація	14,2	н.д.м.	14,2	н.д.м.
Ремонт і ТО	16,0	н.д.м.	16,0	н.д.м.
Ціна 1 кг палива, грн.	42	н.д.м.	42	н.д.м.
Питома витрата палива, кг/га	5,1	н.д.м.	7,9	н.д.м.

Витрати труда

$$Z_T = m / W_{Tч}, \quad (5.6)$$

де m – кількість обслуговуючого персоналу на агрегаті, чол;

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

$$Z_T = \frac{1}{3,13} = 0,32 \text{ чол.га/год}$$

Розрахунок вартісних показників зроблений у таблиці 5.2.

Таблиця 5.2

Розрахунок вартісних показників роботи знаряддя для поверхневого обробітку ґрунту

Показник	Нове ґрунтообробне знаряддя	Базове ґрунтообробне знаряддя
Операція поверхнева обробка ґрунту		
Зарплата, грн/га	$\frac{38}{3,13} = 12,14$	$\frac{38}{4,1} = 9,26$
Ремонтні відрахування і амортизація по трактору, грн/га	$\frac{1,1 \cdot 1236700 \cdot (24,5 + 22)}{100 \cdot 3,13 \cdot 1950} = 103,64$	$\frac{1,1 \cdot 1736700 \cdot (24,5 + 22)}{100 \cdot 4,1 \cdot 1950} = 111,11$
Ремонтні відрахування і амортизація по знаряддю, грн/га	$\frac{1,1 \cdot 411092 \cdot (14,2 + 16)}{100 \cdot 3,13 \cdot 360} = 121,20$	$\frac{1,1 \cdot 507950 \cdot (14,2 + 16)}{100 \cdot 4,1 \cdot 360} = 114,32$
Вартість палива, грн/га	$42 \cdot 5,1 = 214,2$	$42 \cdot 7,9 = 319,2$
Разом витрат, грн/га	451,18	553,89
Питомі капітальні витрати, грн/га	1141,9	1411

Таким чином, фактичний річний економічний ефект від упровадження нового знаряддя для поверхневого обробітку ґрунту

$$\mathcal{E}_r = [(553,9 + 0,15 \cdot 1411) - (451,2 + 0,15 \cdot 1141,9)] \cdot 360 = 51516 \text{ грн}$$

					ДПА/с 25.07.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

Строк окупності визначаємо по формулі:

$$T_k = \frac{Ц_{Г}}{\mathcal{E}_r}, \quad (5.7)$$

$$T_k = \frac{411092}{51516} = 7,9 \text{ року}$$

Таблиця 5.3

Техніко-економічні показники проекту

Показник	Базовий варіант	Новий варіант	Зміни, %
Годинна продуктивність, га	4,10	3,13	-8
Витрати праці, чел·год/га	0,25	0,32	+21
Витрата палива, кг/га	7,9	5,1	-64
Ремонтні і амортизаційні відрахування, грн.	114,3	121,2	+94
Зарплата, грн/га	9,26	12,14	+76
Річний економічний ефект за рахунок планованого приросту врожайності, грн	–	51516	–
Строк окупності, років	–	7,9	–

5.1 Висновок за розділом

Показники економічної ефективності застосування нового знаряддя приведені в таблиці 5.3. Так продуктивність запропонованого варіанта вища на 8 % у порівнянні з застосовуваним варіантом через збільшення швидкості руху внаслідок зменшення тягового опору. У розрахунку не враховано, що за рахунок покращених якісних показників роботи нового знаряддя можна збільшити врожайність с.-г. культур від 7 до 10 % [9]. Річний економічний ефект від впровадження нової машини складає 51516 грн. за рахунок зменшення тягового опору агрегату та зменшення витрат на паливо. Виходячи з цих даних можна зробити висновок, що експлуатація нового знаряддя економічно доцільна.

					<i>ДПА/с 25.07.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У даній роботі був зроблений аналіз існуючих технологічних рішень основного безполицевого обробітку ґрунту під зернові культури. Також була проаналізована запропонована технологічна схема комбінованого ґрунто-обробного агрегату.

Розглянуто процес основного обробітку ґрунту та критерії його оптимізації. Прораховано основні фактори, що впливають на процес обробітку ґрунту, завдяки якому можна обґрунтувати вибір параметрів робочих органів і діапазон варіювання їх основних геометричних параметрів. Це дозволило провести компонування знаряддя і розставити робочі органи на рамі знаряддя.

Продуктивність запропонованого варіанта вища на 8 % у порівнянні з застосовуваним варіантом через збільшення швидкості руху внаслідок зменшення тягового опору і, як наслідок, зменшення витрат палива. При цьому не враховано кращу якість роботи нового знаряддя, що дозволяє збільшити врожайність зернових с.-г. культур від 5 до 7 %. Річний економічний ефект від впровадження нової машини складає 35316 грн.

Виходячи з вищевикладеного, можна зробити висновок відносно доцільності розробки комбінованого знаряддя для основного безполицевого обробітку ґрунту, що викладено у даному дипломному проєкті. Тобто, експлуатація нового знаряддя економічно доцільна.

					<i>ДПА/с 25.07.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дубровін В., Гуков Я., Есепчук М. Напрями розвитку механізації рослинництва// Вісник аграрної науки.- №1.- 2001.- С.58-62.
2. Пастухов В.І. Якості механізованих технологічних операцій та біопотенціалу польових культур. - Харків, 2002. - 124 с.
3. Фінансовий лізинг. Збірник документів. Вступне слово: В.Ф.Шпак. Київ: Видавництво "XXI століття" – РІА „ПРАЦ – КИЇВ”, 2001, 150с.
4. Іванишин В.В. Роль лізингу у забезпеченні сільськогосподарських підприємств засобами механізації. - К.: ІАЄ УААН, 2003. - 294 с.
5. Горячкін В. П. Теорія руйнування ґрунтів: Зібр.соч. - М.: Колос, 1968. - Т.2. - С. 335-382.
6. Осауленко О.Г. та ін. Статистичний щорічник України за 1998. – Київ: Техніка, 1999. – 576 с.
7. Дубровін В., Шраменко О. Міжнародна сільськогосподарська виставка SIMA-99. Техніка АПК, 1999. - №2. - С. 18-19.
8. Кравчук В. У нове сторіччя із новою технічною політикою. Техніка АПК, 2000. - № 10. - С. 7-8.
9. Шевченко І.А. Керування агрофізичним станом ґрунтового середовища / І.А. Шевченко – К.: Видавничий дім “Вініченко”, 2016. – 320 с. – ISBN 978-966-2622-22-5.
- 10.Jvic, I.A.Porev, V.O.Dubrovin, Z.Sediva. Basic Data-Fuel Properties of Crops for Energetical Purposes.- Praha: VUZT, 2001.- 58-62.
- 11.Нагорный Н.Н. Технологии и технические средства почвозащитного контурного земледелия. - К.: Урожай, 1994.- 446 с.
- 12.Heege H.J.: Probleme der Bodenbearbeitungs und Bestelltechnik. Landtechnik H.r, 1993.

					<i>ДПА/с 25.07.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

13. Шевченко І. А, Дереза С. В. Розробка експериментального робочого органа на S-образній пружній стійці для комбінованого знаряддя для суцільного та передпосівного обробітку ґрунту // Праці ТДАТА. – Вип.1. – Т.4. – Мелітополь: ТДАТА, 1998. – С. 17-22.
14. Шевченко І. А, Шевченко Ір.А. Теоретичні підстави створення пружних робочих органів ґрунтообробних машин Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН. – Запоріжжя, 2016.- Вип. 22. – С.65-70.
15. Організація охорони праці в сільському господарстві: Навч. посібник \Бутко Д. А., Луценков В. Л., Воїнов М. Т., Мазілін С. Д. – Сімферополь: Бізнес-інформ, 1998 – 368 с.
16. Бутко Д. А., Луценков В. Л. Виробнича санітарія.: Навч. посібник – К.: Урожай, 1996 – 336 с.
17. Бутко Д. А., Луценков В. Л. и др. Практикум по охоране труда. – М: Колос, 1996 – 208 с.
18. Примірна інструкція з охорони праці для тракториста- машиніста сільськогосподарського виробництва.: К.- 1999, 98 стор.
19. Охрана труда в сельском хозяйстве. Справочник. Михайлов В. Н. – М: Машиностроение, 1980. – 365 с.
20. Типові норми виробітку і витрачання палива на механізовані польові роботи. - К.: Урожай, 1991.- 472 с.
21. Методика визначення оптових цін та нормативів чистої продукції на нові машини, обладнання та прилади виробничо-технічного призначення. - М.: Прейскурантїздат, 1991. - 38 с.
22. Методика визначення економічної ефективності нових та модернізованих сільськогосподарських машин, винаходів та раціоналізаторських пропозицій // НВО ВІСГОМ.- М.: 1995.-57 с.

					<i>ДПА/с 25.07.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК

					<i>ДПА/с 25.07.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79