Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Пояснювальна записка
до дипломної роботи
освітнього ступеня "Магістр" на тему:

Обгрунтування параметрів і режимів роботи грунтообробного агрегату для смугового обробітку грунту

Виконав: студент 2 курсу, групи МгАІ-2-22
за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Токарчук Іван Миколайович

Керівник: _____ Теслюк Геннадій Володимирович

Рецензент: _____ Рибкін Антон Петрович

Дніпро, 2023

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ
АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин
Освітній ступінь: «Магістр»
Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
ТСГМ
(назва кафедри)
доцент
(вчене звання)
_____ Теслюк Г.В.___
(підпис) (прізвище, ініціали)
«____» _____ 2023р.

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Токарчук Іван Миколайович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. **Тема роботи:** Обґрунтування параметрів і режимів роботи грунтообробного агрегату для смугового обробітку грунту

керівник роботи Теслюк Геннадій Володимирович канд. техн. наук, доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від
« 09 » 11 2023 року № 3422

2. Строк подання студентом роботи 2.12.2023
3. Вихідні дані до проекту Огляд стану питання, різновиди знарядь для смугового обробітку ґрунту. Патентний пошук, аналіз літературних джерел, та досліджень з обраної тематики.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
1.Стан питання. Огляд конструкцій ґрунтообробних знарядь і досліджень. 2.Обгрунтування конструктивних параметрів запропонованого знаряддя. 3.Програма досліджень.4.Результати експериментальних досліджень. 5.Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.6.Економічна ефективність роботи. Висновки. Перелік використаних джерел

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Тема. Мета і задачі досліджень. Аналіз конструкцій. 2. Теоретичні дослідження. 3. Експериментальні дослідження (5 аркушів, А4). 4. Економічні показники (1 аркуш, А4). 5. Висновки (2 аркуша, А4)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Теслюк Г.В., зав. кафедри		
2	Теслюк Г.В., зав. кафедри		
3	Теслюк Г.В., зав. кафедри		
4	Теслюк Г.В., зав. кафедри		
5	Деркач О.Д.., доцент		
6	Вініченко І. І., професор		
Нормоконтроль	Золотовська О.В.., доцент		

7. Дата видачі завдання: _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний		
2	Теоретичний		
3	Експериментальний		
4	Охорона праці		
5	Економічний		
6	Демонстраційна частина		

Студент _____ Токарчук І.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Теслюк Г.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

№ п/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Номер аркуша	Примітка
			Текстові документи			
1	А4	52ДР.040000.000 ПЗ	Пояснювальна записка	68		
			Демонстраційні матеріали			
2	А4		Тема. Мета і задачі досліджень.	4	1-4	
3	А4		Теоретичні дослідження	1	5	
4	А4		Експериментальні дослідження	5	6-10	
5	А4		Економічна частина	1	11	
6	А4		Висновки	2	12-13	

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат	52ДР.040000.000 ПЗ		
Розробив		Токарчук			Відомість дипломної роботи	літер	аркуш	аркуш
Перевірив		Теслюк Г.В.					4	
Т. контр						ДДАЕУ МгАІ-2-22		
Н. контр.		Золотовська						
Затверд.		Теслюк Г.В.						

РЕФЕРАТ

Токарчук І.М. Обґрунтування параметрів і режимів роботи грунтообробного агрегату для смугового обробітку грунту / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія» - ДДАЕУ, Дніпро, 2023.

У роботі проаналізовано конструктивні особливості машин та робочих органів для обробітку ґрунту в системах смугового землеробства та встановлено доцільність розробки унікальної конструкції розпушувача для використання на невеликих присадибних ділянках. Розроблено та проаналізовано математичну модель робочого органу. Проведено необхідні експериментальні дослідження для підтвердження основних положень моделі. Проведено необхідні технічні розрахунки.

Представлено результати техніко-економічних розрахунків, що підтверджують економічну ефективність впровадження агрегату у виробництво.

Ключові слова: смуговий обробіток грунту, мотоблок, розпушувач, диски.

Токарчук І.М. Особливості використання різних конструкцій катків-подрібнювачів в органічному землеробстві / Збірник наукових праць «SCIENTIA» з матеріалів I Міжнародної науково-теоретичної конференції (Том 1), 12 травня 2023 г. Вільнюс, Литовская Республіка: Европейська наукова платформа. ст 167 -170.

	ВСТУП	8
1.	ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ МАШИН ТА ДОСЛІДЖЕНЬ, ОБГРУНТУВАННЯ ТЕМИ РОБОТИ	10
1.1.	Аналіз відомих систем та видів обробітку грунту	10
1.2	Огляд конструктивних рішень ґрунтообробних машин у системі смугового обробітку грунту	11
1.3.	Робочі органи розпушувачів для системи Strip-Till	15
1.4.	Аналіз досліджень	17
1.5.	Обґрунтування теми	21
2.	ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗАПРОПОНОВАНОЇ КОНСТРУКЦІЇ. АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ	22
2.1.	Обгрунтування конструктивної схеми машини	22
2.2.	Діаметр диска і глибина обробітку	25
2.3.	Конструктивні параметри запропонованих стрільчастих лап	28
2.4.	Аналітичні дослідження збудження коливань стояка глибокорозпушувача	36
2.5	Графічний аналіз отриманих залежностей	40
	Висновки	42
3	ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	43
3.1.	Мета і програма досліджень	43
3.2.	Методика визначення механіко-технологічних властивостей грунту	43
3.3.	Методика визначення показників роботи агрегату	47
3.4.	Визначення якості розпушення ґрунту	48
3.5.	Визначення швидкості руху машини по сліду	50
	Висновок	50
4.	РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	51

4.1. Механіко-технологічні властивості агрофону 51
4.2. Результати досліджень 52
4.3. Прогнозована продуктивність і витрати палива агрегату 57
Висновки 58
5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ 59
5.1. Загальні вимоги безпеки при роботі на базі мотоблока 59
5.2. Вимоги охорони праці перед введенням агрегата у експлуатацію 59
5.3. Аналіз потенційних небезпек при експлуатації агрегату 60
Висновки 61
6. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ 62
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ 64
ЛІТЕРАТУРА 66
ДОДАТКИ

ВСТУП

Актуальність теми. Хімізація сільськогосподарського виробництва та широке використання синтетичних мінеральних добрив і пестицидів призвели до деградації ґрунтів, зниження родючості землі та постійного зростання собівартості продукції.

Одним з найперспективніших шляхів підвищення родючості ґрунтів є впровадження органічного землеробства.

Обробіток ґрунту в умовах органічного землеробства має декілька видів:

- традиційний полицевий обробіток;
- поверхневий до 18 см;
- Mini-till - мінімальний поверхневий обробіток до 5 см;
- Strip-till - смугове розпушення на глибину до 30 см;
- No-till - повна відмова від обробітку.

Тип обробітку ґрунту суттєво впливає на врожайність тієї чи іншої культури. Наприклад, біологічна врожайність кукурудзи за смугового обробітку ґрунту в середньому на 20 ц/га вища, ніж за міні-обробітку, а за нульового обробітку - на 30-40 ц/га [8]. Цукрові буряки, наприклад, краще реагують на глибокий суцільний обробіток ґрунту. Тому фахівці, які практикують органічне землеробство, вважають, що фахівці, які практикують органічне землеробство, дійшли висновку, що перелічені вище способи обробітку ґрунту необхідно чергувати.

Метою роботи це вивчення агрегатів для роботи в системах strip-till, які демонструють розумні конструктивні параметри та гарантують формування оброблених і необроблених смуг і задану якість розгортання.

Завдання дослідження:

- розглянути конструкцію робочих органів і машин, що застосовуються в системах смугового обробітку ґрунту;

- обґрунтувати та розробити конструкцію власних машин; та

- проаналізувати процес взаємодії робочого органу з ґрунтом;

- розробити методику та провести польові досліди для підтвердження обґрунтованості обраного конструктивного рішення;

- розрахувати економічну ефективність, прогнозовану при впровадженні розробленої конструкції у виробництво.

Об'єктом дослідження це технічний процес взаємодії пропонованого пристрою з ґрунтом.

Предметом дослідження існує закономірність у якості формування смуги та розпушення ґрунту, що залежить від конструкції агрегату та кінематичних параметрів.

Методи досліджень. Для розроблення конструкції та обґрунтування параметрів пропонованої установки було використано основні положення вищої математики, теоретичної механіки та теорії машин і механізмів. Експериментальні дослідження проводилися на спеціально розроблених стендах і експериментальних установках у лабораторних і польових умовах з використанням математичного розрахунку багатофакторних експериментів.

1. ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ МАШИН ТА ДОСЛІДЖЕНЬ, ОБГРУНТУВАННЯ ТЕМИ РОБОТИ

1.1. Аналіз відомих систем та видів обробітку грунту

Одним із найперспективніших шляхів підвищення родючості ґрунтів є впровадження органічного землеробства. Згідно з аналізом джерел [17], в органічному землеробстві існує кілька типів обробітку ґрунту:

- традиційний поличний обробіток;
- поверхневий обробіток ґрунту на глибину до 18 см;
- міні-обробіток - поверхневий обробіток ґрунту на глибину не менше ніж 5 см; та
- смуговий обробіток ґрунту - смуговий обробіток на глибину до 30 см;
- No-till - повна відмова від обробітку ґрунту.

У традиційних системах обробіток ґрунту на ріллі проводиться регулярно. Така система дає змогу створити поверхню, практично вільну від рослинних решток. Однак такий обробіток часто потребує додаткових заходів з оранки і тому значно дорожчий за інші системи.

Мінімальний обробіток ґрунту часто називають також "ресурсозберігаючим". Різниця між мінімальним обробітком ґрунту та no-till полягає головним чином в інтенсивності та особливо глибині обробітку ґрунту. Якщо системи мінімального обробітку спрямовані на обробіток поверхневого шару ґрунту з корінням, що проросло (0-30 см), з постійним зазором, то системи мінімального обробітку потребують лише одного обробітку ґрунту на глибину загортання насіння (3-10 см).

No-till - це сучасний метод землеробства, за якого ґрунт не обробляється, а вкривається шаром спеціально подрібнених рослинних залишків, які називаються мульчею. Це не пошкоджує верхній шар ґрунту, запобігає водній і вітровій ерозії та відмінно утримує вологу. Тому технологія No-till підходить для обробітку в посушливих районах і, навпаки,

на схилах у районах із вологим кліматом. Нульовий обробіток ґрунту потребує значно менших витрат праці та палива, хоча врожайність при цьому дещо нижча, ніж за сучасних традиційних методів обробітку. No-till - це сучасна і досить складна система землеробства, що потребує спеціального обладнання та дотримання технічних норм. Нині ця система набуває дедалі більшої популярності в Україні.

No-till обробіток ґрунту має низку переваг перед традиційним обробітком, які полягають у такому:

- підвищення врожайності сільськогосподарських культур за рахунок перерахованих вище факторів.

Відносним недоліком *No-Till* землеробства є його складність і необхідність суворого захисту посівів. Сівозміну, види та норми внесення пестицидів мають бути спеціально підібрані для конкретного господарства з урахуванням клімату, ґрунту, наявності бур'янів і шкідників, характерних для даної місцевості, тощо.

Системи Strip-till зберігають більшість переваг no-till і деякою мірою компенсують його недоліки. Технологія Strip-till передбачає нарізку обробленої, необробленої культиваційної смуги шириною 200-300 мм. Оброблені смуги використовуються для вирощування корисних культур, а необроблені слугують для залишення стерні від попередньої культури та накопичення поживних речовин. Таким чином, залежно від співвідношення ширини смуги 50-70% поверхні поля залишається необробленою, що дає змогу підтримувати природні біологічні процеси протягом тривалішого часу.

1.2. Огляд конструктивних рішень ґрунтообробних машин у системах смугового обробітку ґрунту

Як показує аналіз конструкцій робочих машин для смугового обробітку ґрунту, особливо інноваційних технічних рішень не існує. Машина складається із системи гребенів, кількість яких відповідає кількості смуг, що

обробляються. Кожен гребінь оснащений набором ґрунтообробних знарядь. В Україні технологія смугового обробітку ґрунту застосовується здебільшого з ґрунтообробним комплексом "Агрі-Бета" виробництва "Агрохімаш", що зумовлено його відносно невисокою вартістю.

Ця конструкція пропонується для використання в осінній період, коли потрібне глибоке розпушування. Основним робочим органом є долотоподібний розпушувач 3, а інші робочі органи забезпечують необхідну якість розмотування поверхневого шару смуги.

Для весняного використання розроблено полегшений варіант, який не має глибокого розпушувача (рис. 1.2) і оснащений ребристими роликами для поліпшення розплутування поверхневого шару.

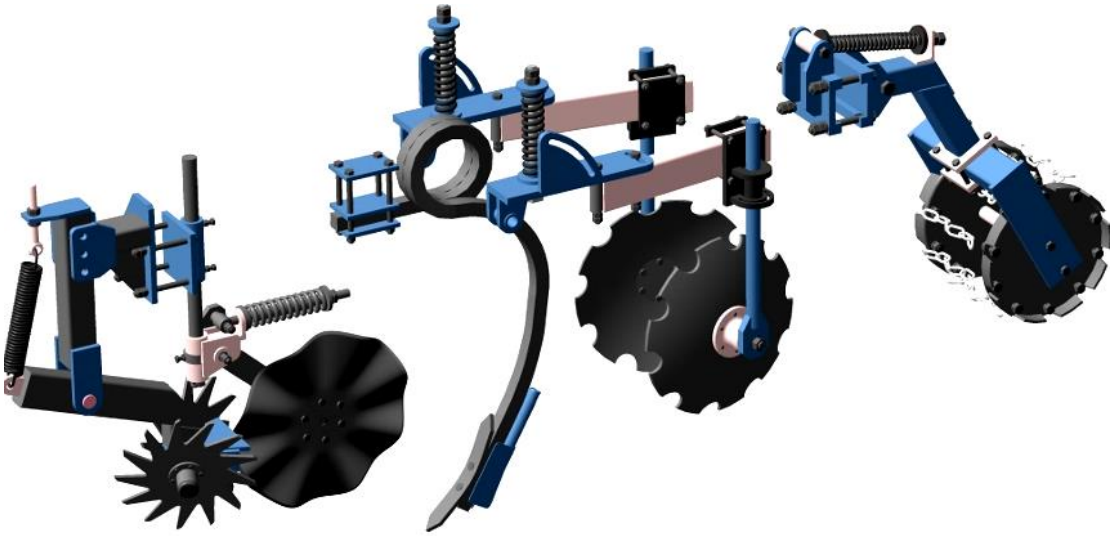

Рис. 1.1 – Типова схема розміщення робочих органів на гряділі для осіннього обробітку смуг: 1 – шпоровий диск; 2 – реберчастий диск; 3 – долотоподібний розпушувач; 4 – нахилені диски; 5 – каток

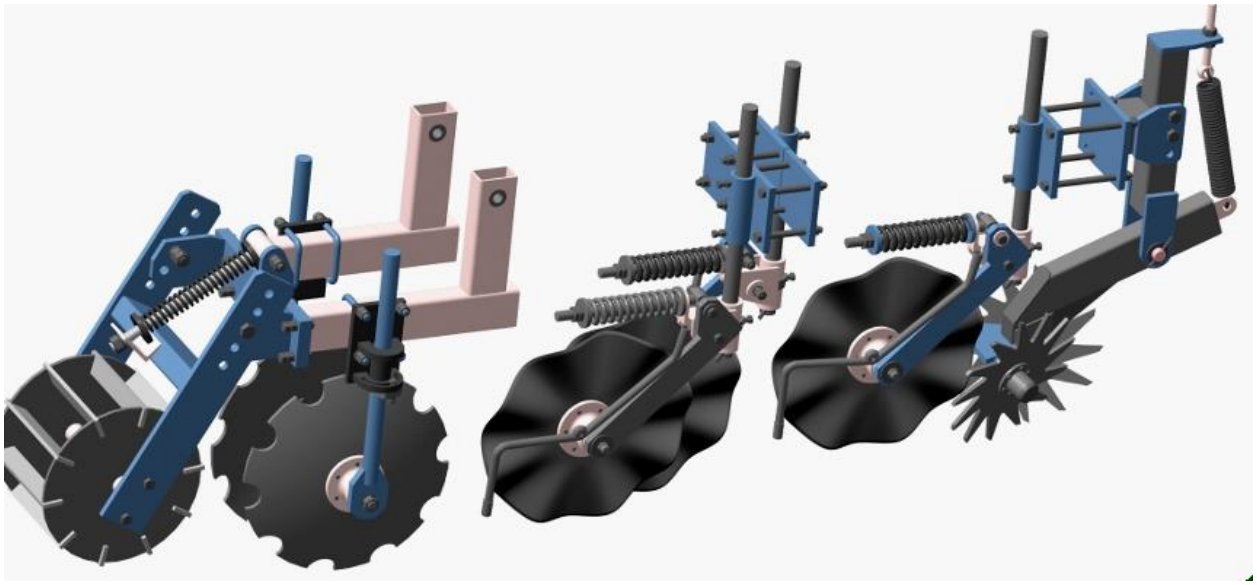

Рис. 1.2 – Облегшений варіант гряділя для весняного обробітку смуг:
1 – шпоровий диск; 2 – реберчастий диск; 3 – вирізний похилений диск;
4 – коток.

На базі наведений схем машин випускаються ТОВ «Агрохіммаш» машини серії ЛРН (рис.1.3 – 1.4), табл.1.1.

Рис. 1.3. – Розпушувач ЛРН – 4/70, укомплектований гряділем осіннього (рис.1.1.) варіанту

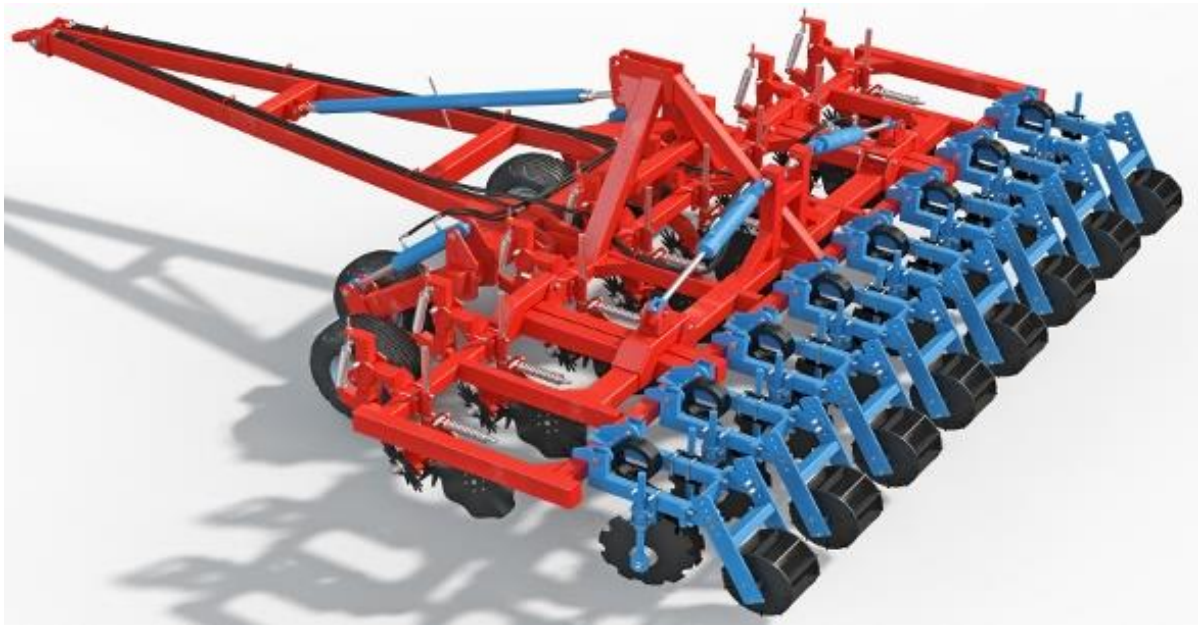

Рис. 1.4. – Розпушувач ЛРН – 8/70, укомплектований гряділем весняного (рис.1.2.) варіанту

В таблиці 1.1. наведені технічні характеристики розпушувачів «Агріватор» для технології STRIP-TILL.

Модель	ЛРН – 4/70	ЛРПС – 6/70	ЛРН – 8/70	ЛРПС – 12/70	ЛРПС – 16/70
Ширина захвату, м	2,8	4,2	5,6	8,4	11
Тип	начіпний	начіпний	причепний	причепний	причепний
Кількість рядків (секций)	4	6	8	12	16
Міжряддя	70-75	70-75	70-75	70-75	70-75
Маса, кг	1600	2300	3100	4500	6800
Рабоча швидкість, км/год	8-12	8-12	8-12	8-12	8-12
Продуктивність, га/год	2,2-3,4	3,2-4,5	4,5-6,7	6,7-10,0	9,0-13,0
Потужність трактора, к.с	90-100	130-150	180-220	270-300	350-390

Осіннє внесення добрив іноді поєднується з локальним внесенням мінеральних добрив. Однак це призводить до тривалої втрати поживних речовин в осінньо-зимовий період. Тому в більшості випадків цей метод не використовується, а добрива вносять одночасно з посівом.

1.3. Робочі органи розпушувача для систем strip-till

Аналіз конструкції робочих органів показує, що всі вони підпружинені. По-перше, це зроблено для запобігання поломок, а по-друге, вібрація допомагає перерізати кореневу систему бур'янів. Виняток становить центральний різець, який може бути як підпружиненим, так і нерухомим.

Проте практично всі виробники мають механізми для внесення мінеральних добрив на глибину 20-25 см (рис. 1.5).

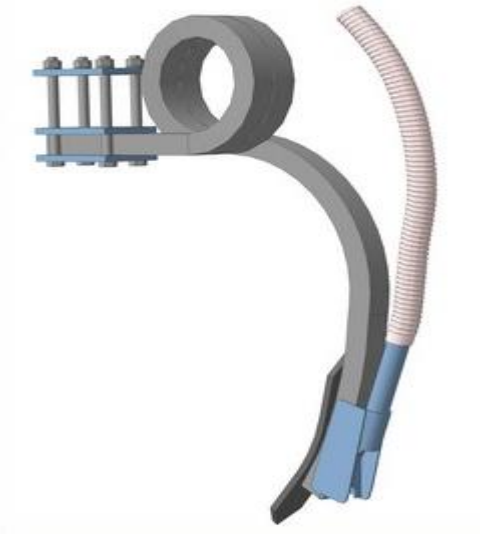

Рис. 1.5 – Типова конструкція стояка см: 1 – наральник; 2 – щока; 3 – трубка подачі сипких добрив;4 – пружний елемент; 5 – механізм кріплення.

Практично всі виробники оснащують свої гребнеобробні машини котками. Вони необхідні для копіювання рельєфу, регулювання глибини ходу робочого органу, а також для розпушування ґрунту в смузі. Вони мають найпростішу конструкцію, бо не несуть великого навантаження (рис. 6).

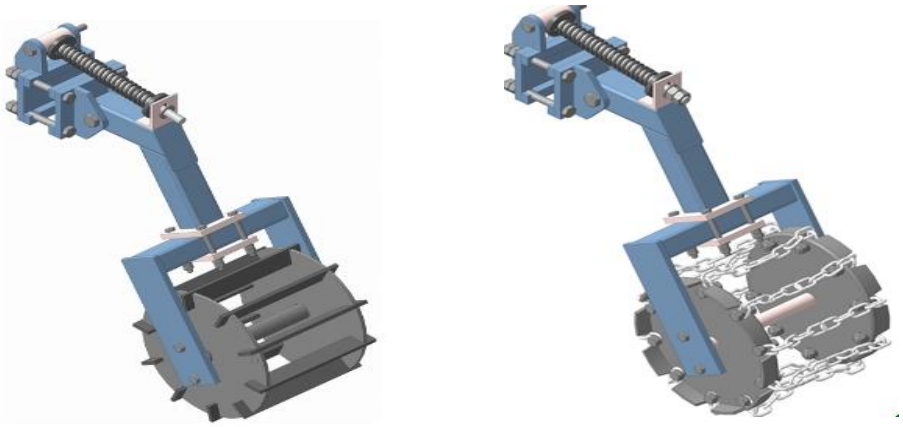

Рис. 1.6 – Типові конструкції котків для роботи в системі Strip-Till:

У більшості конструкцій для поділу оброблюваних смуг використовуються ребристі диски (рис. 1.7).

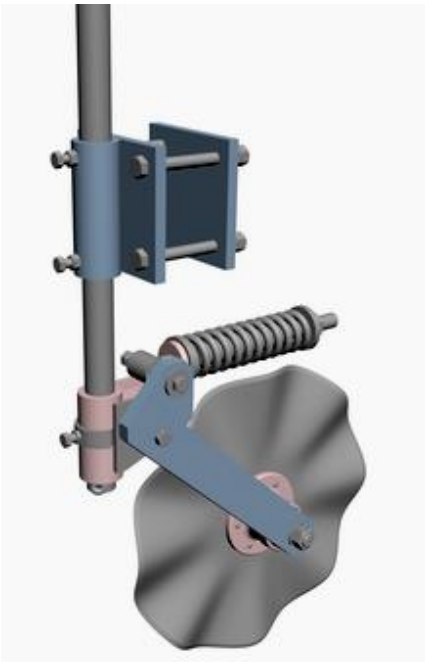

Рис. 1.7 –Типова конструкція реберчастого диска: 1 – диск; 2 – кронштейн; 3 – стояк; 4 – запобіжний пристрій; 5 – механізм кріплення.

Особливістю використання ребристих дисків є те, що вони не лише прорізають канавку на межі між обробленою та необробленою смугами, а й штучно розширюють її за рахунок ребер. Це повністю відокремлює смуги одна від одної та знищує кореневу систему бур'янів.

1.4. Аналіз досліджень

У конструкції культиватора переважно використовуються стандартні робочі органи: диски, долотоподібні розпушувачі та котки. Слід зазначити, що стрілчасті лапи практично не використовуються, а перевага віддається різним типам дисків. На наш погляд, це пов'язано з тим, що оброблювана площа дуже мала і на ній важко розмістити пасивні робочі органи.

Найбільш детальний аналіз плужних знарядь було проведено.

В.П. Юрчук і В.І. Ветохін [32]. На їхню думку, недоліки більшості конструкцій полягають у такому порядку:

- відбувається розгалуження бур'янів, оскільки зв'язок кореневої системи бур'янів у необроблених і оброблених смугах залишається нерозривним;

- чорноземи мають великий кут внутрішнього і зовнішнього тертя, тому лінія відведення від носка долота виходить у необроблену смугу і нераціонально витрачається тяговим зусиллям;

- опорні колеса (ролики), що задають глибину ходу, проходять по обробленій смузі, збільшуючи тяговий опір коченню.

Частково вирішує цю проблему конструктивна схема, запропонована авторами роботи [32] (рис. 1.8).

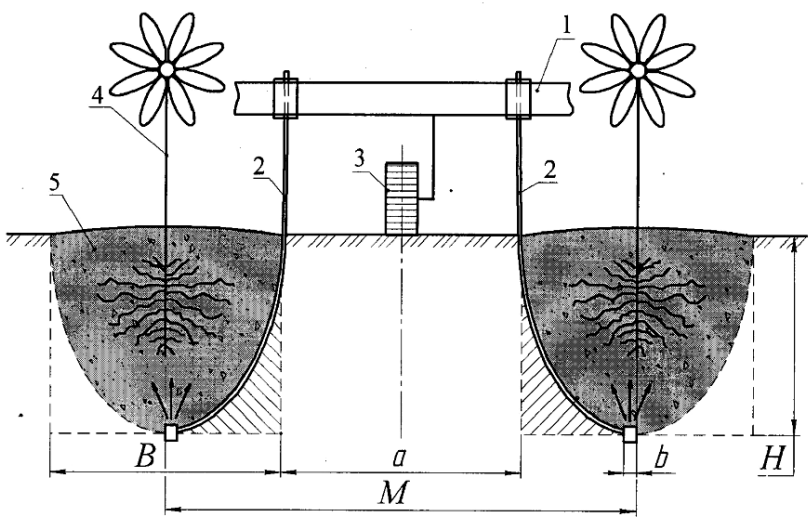

Рис. 1.8 - Схема знаряддя для смугового обробітку грунту за В.П.Юрчуком та В.І.Ветохіним [32]: 1 – рама; 2 – робочий орган; 3 – опорне колесо; 4 – вісь рядка; 5 – оброблена смуга; b – ширина долота; B – ширина розрихленої смуги; H – глибина рихлення; M – ширина міжряддя

Її особливість полягає в тому, що стояк інструменту перекриває лінію стружки від долота в поперечному перерізі, не даючи їй поширюватися за межі оброблюваної смуги. Водночас стояк розділяє кореневі системи бур'янів на обробленій і необробленій смугах.

Автори пропонують розділити функції опорного колеса та прикочувального котка. Оскільки котки виконують лише функцію розгортання, навантаження на них значно знижується.

Ґрунтообробні гребені не мають кута сходження, що обмежує винесення ґрунту за межі зони обробітку. Однак заміна гребенів на міцні рамні балки, на наш погляд, погіршила стійкість конструкції.

До недоліків цієї конструкції належать:

- коренева система в межах оброблюваної ділянки залишається практично незайманою;

- стояк рухається впоперек призми облому ґрунту, тобто працює в блоковому режимі, що значно збільшує тяговий опір.

Відомо, що стрілчасті лапи є найбільш ефективним знаряддям для оранки міжрядь [наприклад, 11,12,13,14]. Оскільки технічний процес схожий, розглядалася низка технічних рішень, здатних підвищити його ефективність під час смугового обробітку ґрунту.

Однією з останніх робіт щодо стрілчастих лап є робота С.С. Тищенка [26], в якій автор пропонує узагальнену геометричну модель адаптованої поверхні, що дає змогу проектувати робочий орган під спеціально задані параметри обробітку ґрунту. Ця методика є досить перспективною у зв'язку з тим, що розміри смуги оброблення відносно невеликі, що дає змогу обмежити вплив робочої поверхні зубів площею зони оброблення.

У роботі [27] розглядається модель взаємодії леза лапи з кореневою системою бур'янів. Ця проблема актуальна для технології strip-till, оскільки боротися з бур'янами на обмеженій площі дуже складно. Аналіз розробленої моделі [27] показує, що для того, щоб коренева система бур'янів сходила з

леза лапи, необхідно збільшити швидкість руху ґрунту вздовж леза. Як наслідок, необхідно змінити кривизну леза.

Таким чином, аналіз показує, що існують проблеми з контролем бур'янів у межах оброблюваної смуги. Конструктивні особливості окремих використовуваних робочих органів добре вивчені низкою авторів стосовно відомих ґрунтообробних машин [1,10,11,12,13,14,]. Окремих досліджень щодо систем strip-till не виявлено.

Вивченням ефективності впровадження технології смугового обробітку ґрунту займалися багато дослідників [наприклад, 8,9,17]. Більшість досліджень присвячено порівнянню смугового обробітку ґрунту з міні-покриттям і нульовим обробітком.

Дослідження показують, що всі ці технології можуть бути використані для вирощування практично всіх відомих культур, але реагують на них по-різному.

Тип обробітку ґрунту суттєво впливає на врожайність тієї чи іншої культури. Наприклад, біологічна врожайність кукурудзи за смугового обробітку ґрунту в середньому на 20 см/га вища, ніж за міні-обробітку, а за безполицевого обробітку - в середньому на 30-40 см/га [8]. Наприклад, цукрові буряки краще реагують на глибокий суцільний обробіток ґрунту. Це пов'язано з тим, що коренеплоди в процесі росту набирають великий об'єм і потребують постійного розпушування на глибину до 32 см [9].

На столові коренеплоди вид обробітку ґрунту впливає незначно - на 5-10%, що практично перебуває в межах точності експерименту.

Урожайність цибулі (ріпчастої та часнику) вища за смугового обробітку. За різними даними, в середньому на 230-25% більша, ніж за Mini-Till, і до 35% більша, ніж за No-Till. Глибокий обробіток ґрунту під ці культури не практикується.

1.5. Обґрунтування теми

Важливим показником є енерговитратність технології. У разі no-till очевидно, що витрати енергії на обробіток ґрунту мінімальні; порівняно з Mini-Till технологія Strip-Till дає змогу знизити енерговитрати на 50-70%, залежно від співвідношення ширини обробленої та необробленої ділянок.

Згідно з проведеним оглядом досліджень, технологія Strip-Till, найімовірніше, набуде широкого поширення в Україні, головним чином, через низьку енергоємність технологічного процесу. Крім того, вона важлива з погляду збереження та відновлення родючості ґрунту.

Наявні системи обробітку ґрунту структурно поділяються на осінній та весняний, незалежно від галузі застосування. Восени завдання культиватора полягає в глибокому розпушуванні та, за потреби, внесенні мінеральних добрив. Навесні машина виконує поверхневе розпушування і механічно відокремлює неорані смуги від зораних.

Як показує аналіз конструкцій машин для смугового обробітку ґрунту, особливо інноваційних технічних рішень не існує. Машина складається із системи гребенів, кількість яких відповідає кількості смуг, що обробляються. Кожен гребінь оснащений набором ґрунтообробних знарядь. Традиційно це диски різної конструкції та долотоподібні розпушувачі. Ланцетоподібні лапи використовуються рідко, оскільки ними важко маневрувати на вузьких смугах. Аналіз проєктної та технічної літератури показує, що боротьба з бур'янами в оброблених смугах проблематична. Тому тема цієї роботи є актуальною.

2. ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗАПРОПОНОАПНОЇ КОНСТРУКЦІЇ. АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Обгрунтування конструктивної схеми машини

Основою для проєктування унікальної машини послугувала розробка Orthman 1tripr.

Випробування показали, що машина має два недоліки:

- ріжуче крило 2 тільки зрізає, а не вичісує кореневу систему бур'янів, тому окремі ділянки смуги обробляються не дуже інтенсивно;

- машина не має механізму глибокого розгортання, тому її можна використовувати тільки навесні;

Для поверхневого етапу смугового обробітку ґрунту пропонується така система (рис. 2.1).

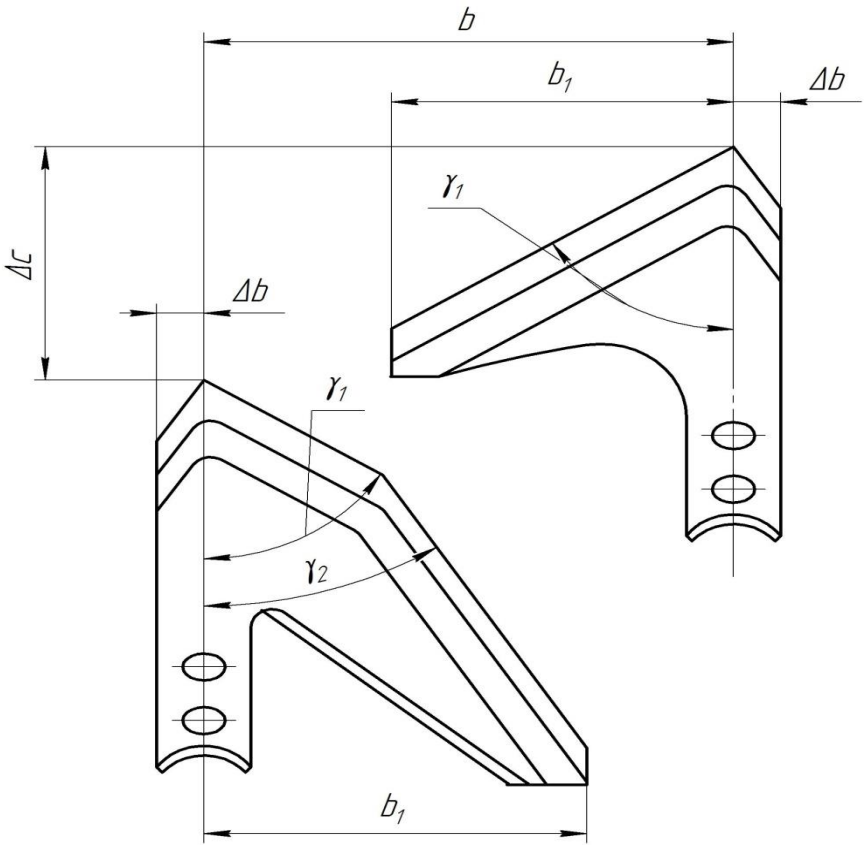

Рис. 2.1 – Розрахункова схема стрільчастих лап:
1 – вичосуюча лапа; 2 – вичосуючо-підрізаюча лапа

Лапа 1 має постійний кут розкриття крил γ1 і виконує суто гребенеутворювальну функцію. Лапа 2 має дві секції: а - обчісувальну, б - ріжучу. Таким чином, досягається рівномірний обробіток по всій ширині смуги.

Обидва зубці мають зону перекриття з кутом підрізання леза γ2 і робочою шириною (шириною смуги) Δb. Призначення зони перекриття - підрізати кореневу систему бур'янів у прикордонній зоні розпушеної смуги.

Глибока оранка проводиться долотоподібним глибоким плугом (рис. 2.2). Особливістю його конструкції є те, що культиватор установлено на рамі машини.

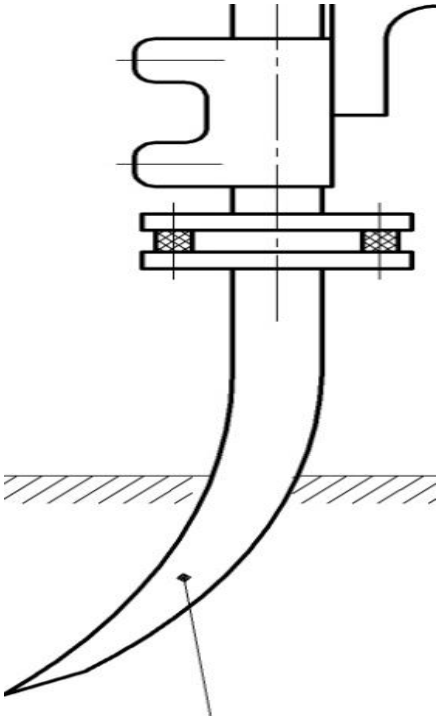

Рис. 2.2 – Схема долотоподібного глибокорозпушувача:
1 – розпушувач; 2 – пружний елемент; 3 – кронштейн кріплення

Це спричиняє вібрації під час роботи. Остання сприяє зниженню тягового опору і переміщенню дрібних ґрунтових грудок у нижні шари.

Технологія Strip-till передбачає механічний обробіток ґрунту шириною 200-300 мм і необроблену смугу. Оброблені смуги використовуються для вирощування корисних культур, а необроблені слугують для залишення стерні від попередньої культури та накопичення поживних речовин.

Проблема полягає в тому, що вузькі смуги необхідно обробляти на глибину 180 мм. У цьому разі використання долотоподібних ґрунтообробних знарядь проблематичне. Це пов'язано з тим, що лінія відколу проходить збоку від знаряддя під кутом до вертикалі внутрішнього тертя ґрунту [21]. Враховуючи, що кут тертя більшості ґрунтів становить понад 40°, уникнути поширення лінії відколу в межах необробленої смуги неможливо. Вирішенням цієї проблеми є штучне обмеження відриву ґрунту в поперечно-вертикальній площині.

Для обробки смуги пропонується такий агрегат (рис. 2.3). Агрегат складається з пішохідного мотоблока 1 і рами 2, на якій змонтовано основний робочий орган. У процесі роботи диски 8 прорізають шар ґрунту, розділяючи оброблені та необроблені смуги. Далі загострені лапи 6 і 7, що проходять на глибині 50-60 мм, кардочесають і підрізають кореневу систему бур'янів.

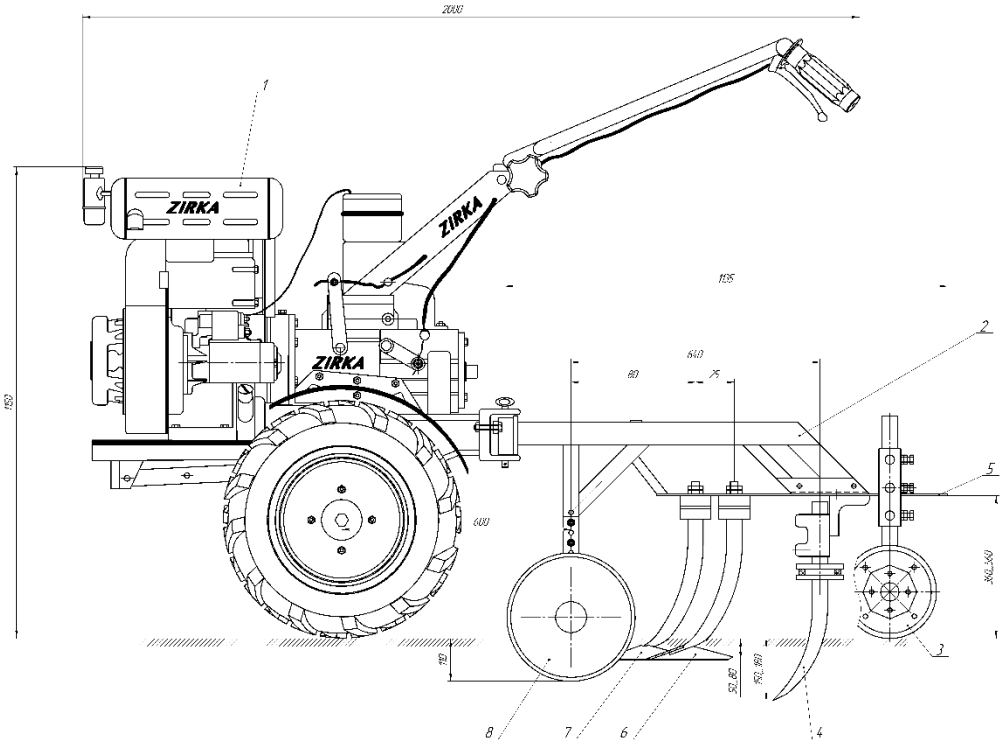

Рис. 2.3. Схема запропонованого агрегату:
1 – мотоблок; 2 – рама; 3 – колесо опорне; 4 – глибокорозпушувач; 5 – плита; 6 – лапа вичосуючо-підрізаюча; 7 – лапа вичісуюча; 8 – диск.

Долотоподібний ґрунтопоглиблювач 4 розпушує ґрунт у середині смуги на глибину 150-180 мм. Щілерізна лінія, що відходить від нього, розпушує ґрунт у смузі. Тріщини не можуть подолати канавки, утворені дисками, і тому не поширюються далі. Глибина ходу ґрунтопоглиблювача регулюється зміною його положення відносно кронштейна 3 (рис. 2.2.) та опорним колесом 3. Глибина обробітку лапи регулюється тільки опорним колесом 3, а глибина обробітку диска 8 - опорним колесом і, за потреби, зміною довжини стояка.

Лапи встановлено на рамі таким чином, що кут атаки ножа можна змінювати відносно напрямку руху машини. Це дає змогу адаптувати машину до конкретних ґрунтових умов.

2.2. Діаметр диска і глибина обробітку

Особливістю конструкції є те, що диск 1 прорізає тонку канавку, яка обмежує поширення лінії стружки від лапи стрілки 2 і різця 3. Таким чином, зберігається цілісність необробленої смуги. Конструктивна схема показана на рис. 2.4.

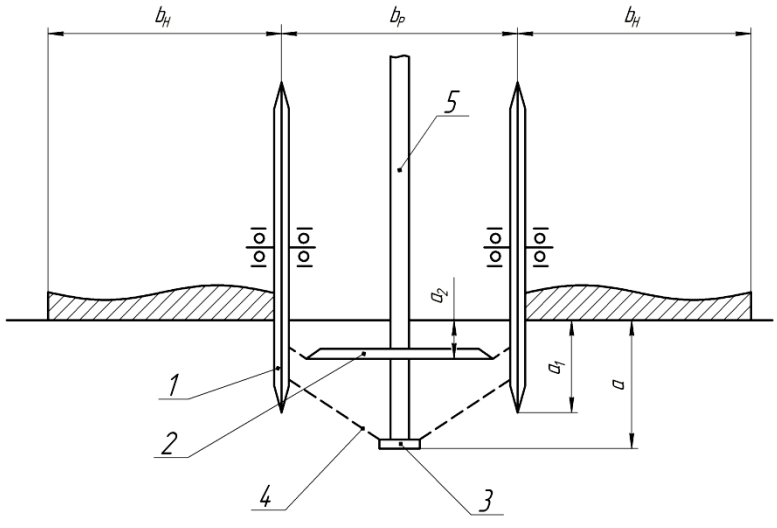

Рис. 2.4 – Розрахункова схема до визначення діаметра дисків і глибини їх занурення: 1 – диск; 2 – лапа стрілчата; 3 – долото; 4 – напрямок розповсюдження лінії зколу; 5 – стояк глибокорозпушувача

Відомо, що тріщини в поперечно-вертикальній площині від робочого обладнання, що рухається по ґрунту, поширюються під кутом внутрішнього тертя ґрунту φ2 по відношенню до вертикальної площини [21].

Можна припустити, що в поперечній площині відколу не відбувається, оскільки стояк лапи 2 проходить уздовж вирізаної траншеї.

Для долота 2 розпушувача:

$$a \cdot tg\varphi_2 - \Delta = 0,5 \cdot b_P, \qquad (2.1.)$$

де bp – ширина оброблюваної смуги;

Δ - величина перекриття тріщиною ширини смуги;

а – глибина розпушення.

$$a_1 = \frac{\Delta}{tg\varphi_2} = \frac{a \cdot tg\varphi_2 - 0,5 \cdot b_P}{tg\varphi_2} \qquad (2.2)$$

Згідно із завданням магістерської дисертації, а = 180 мм, φ2 = 45 градусів. Тоді.

$$a_1 = \frac{180 \cdot 1 - 0,5 \cdot 250}{1} = 55 мм.$$

Ми допускаємо необхідні в таких випадках накладки: *a1* = 70 мм.

Для забезпечення обертання диска і створення умов, за яких канавки нарізають без відколів у поперечній вертикальній площині, має виконуватися умова R>3- a1= 3-70 = 210 мм, що відповідає мінімальному діаметру диска D = 420 мм. Тут прийнято стандартне значення D = 450 мм.

Важливою умовою стабільного виконання техпроцесу є відстань, на яку просувається диск відносно долота ґрунтозачепа. Тріщина від долота має поширюватися до самого низу, не досягаючи робочої зони диска (рис. 2.5).

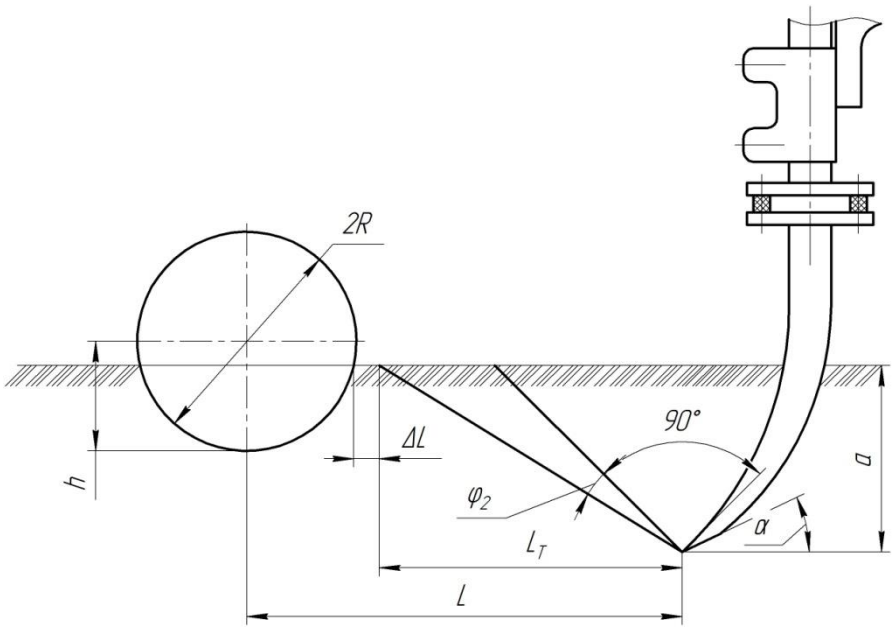

Рис. 2.5 – Розрахункова схема до визначення мінімально необхідної величини винесення дисків вперед відносно долота глибокорозпушувача

Відповідно до схеми розрахунків:

$$L_T = (a - a_2) \cdot tg(\alpha + \varphi_2), \qquad (2.3.)$$

$$L > L_T + \Delta L + R = (a - a_2) \cdot tg(\alpha + \varphi_2) + \Delta L + R, \qquad (2.4.)$$

де $\alpha = 20^0$ – кут атаки долота;

$\varphi_2 = 45^0$ – кут внутрішнього тертя грунту;

$\Delta L = 50$ *мм* – величина не перекриття;

$R = 225$ *мм* – радіус диска;

$a_2 = 50$ *мм* – глибина стрільчастої лапи.

Підставимо вихідні дані та розрахуємо:

$$L > (180 - 50) \cdot tg(20 + 45) + 50 + 225 = 553{,}85 \text{ мм}$$

Конструктивно L = 640 мм з метою уніфікації з іншими машинами, розробленими на кафедрі сільськогосподарської техніки Національного університету сільського господарства, що узгоджується з проведеними розрахунками.

Тому його слід розглядати як вихідні дані для подальших досліджень:

- ширина оброблюваної смуги $b_P = 250$ *мм*;
- ширина не оброблюваної смуги $b_H = 250$ *мм;*
- діаметр диска $D = 450$ *мм*;
- заглиблення диска $a_1 = 70$ *мм*;
- глибина ходу стрілчатої лапи $a_2 = 50$ *мм;*
- глибина робочого ходу долота $a = 180$ *мм*;
- величина виносу дисків вперед відносно долота $L = 640$ *мм.*

2.3. Конструктивні параметри запропонованої стрілчастих лапи

Аналіз літератури [11,12,14,16] показує, що конструктивні параметри стрілчастих лап обґрунтовують винятково з огляду на необхідність підвищення їхньої ріжучої здатності. Практично у всіх першоджерелах наводиться відома формула, що гарантує стійке перерізання кореневих систем бур'янів крилом лапи $\gamma = 900 - \varphi 1$.

Таким чином, згідно з рис. 2.1, можна вважати таке.

$$\gamma_1 > 90^0 - \varphi_1 \qquad (2.5.)$$

$$\gamma_2 < 90^0 - \varphi_1 \qquad (2.6.)$$

Аналітично дослідити, наскільки кути γ1 і γ2 мають відрізнятися від номінального значення (900 - φ1), не є можливим. Це можна зробити тільки шляхом натурних експериментів.

Тяговий опір вільної частини машини складається з таких елементів:

- Опір диска;
- Опір лапи
- Опір ґрунтозачепів.
- Опір опорних коліс.

Наступні складові розглядаються в порядку зростання їхнього внеску в загальний тяговий опір.

Тяговий опір ґрунтозабірних машин можна розділити на дві частини: опір долота і опір стояка.

У процесі роботи від долота ґрунтопоглиблювача у вертикально-вертикальній (кут 900 + φ2 до поверхні долота) і горизонтально-вертикальній (кут φ2 до вертикалі) площинах поширюються лінії відколу [14,20,21]. Ці лінії утворюють чітку ґрунтову призму, яка являє собою перевернутий конус. Сила, необхідна для відокремлення призми, дорівнює такому рівнянню.

$$F_{СК} = C_{пит} \cdot F_{\Sigma}, \qquad (2.7)$$

де Спит - питома сила зчеплення ґрунтових частинок;

F_{Σ} - площа поверхні, що утворилася в результаті розтину.

Питоме зчеплення частинок ґрунту визначається за відомою методикою [20] з використанням приладу ДорНДі. Для визначення площі поверхні, що утворилася в результаті сколювання, розглядається розрахункова схема (рис. 2.6). Як видно з малюнка, в утворенні призми беруть участь тільки біти.

З достатньою для практичних цілей точністю можна припустити, що в основі конуса лежить еліпс із півосями $a_{ск}$ і $b_{ск}$.

$$a_{ск} = a \cdot tg(\alpha_р + \varphi_2) \quad (2.8)$$

$$b_{ск} = a \cdot tg\ \varphi_2, \quad (2.9)$$

де а – глибина робочого ходу; α – кут атаки долота; φ_2 – кут внутрішнього тертя грунту.

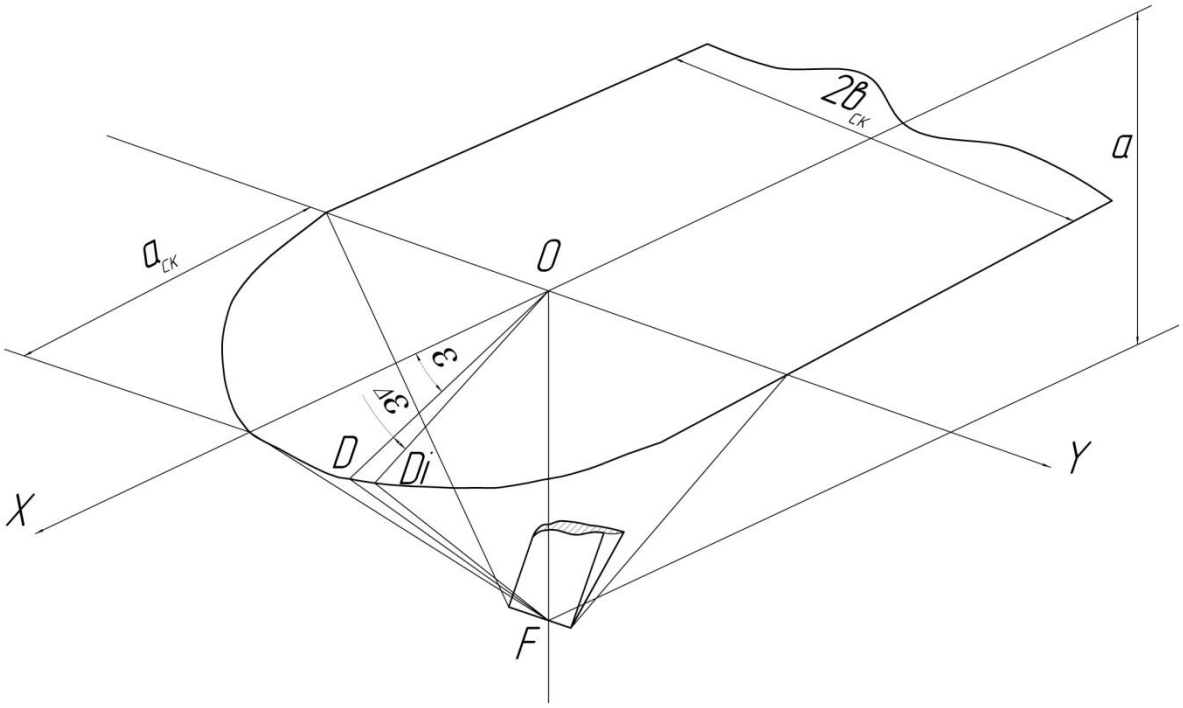

Рис. 2.6 - Розрахункова схема відколотої призми грунту

Центр координат розташовано перпендикулярно до центру лопаті долота, а вісь орієнтовано, як показано на малюнку. Для визначення площі поверхні, що утворилася, використовується метод чисельного інтегрування. Тобто обчислюється площа елементарної частини FDD1 та інтегрується за параметром ε. У нескінченно малому інтервалі зі збільшенням кута ε довжина ділянки DD1

$$\Delta = R_i \cdot d\varepsilon \quad (2.10)$$

Тоді, площа елементарної ділянки FDD_1

$$F_i = 0{,}5 \cdot L_i \cdot \Delta \qquad (2.11)$$

Остаточно, площа поверхні призми

$$F_\Sigma = 2 \cdot F_i \cdot d\varepsilon = 2 \cdot \int_0^{0{,}5\pi} 0{,}5 \cdot L_i \cdot R_i \cdot d\varepsilon = \int_0^{0{,}5\pi} L_i \cdot R_i \cdot d\varepsilon \ , \qquad (2.12)$$

$$R_i = \sqrt{X_D^2 + Y_D^2} = \sqrt{(a_{CK} \cdot \cos\varepsilon)^2 + (b_{CK} \cdot \sin\varepsilon)^2} =$$

$$= \sqrt{\left[a \cdot tg(\alpha_p + \varphi_2) \cdot \cos\varepsilon\right]^2 + \left[a \cdot tg\varphi_2 \cdot \sin\varepsilon\right]^2} =$$

$$= a \cdot \sqrt{\left[tg(\alpha_p + \varphi_2) \cdot \cos\varepsilon\right]^2 + \left[tg\varphi_2 \cdot \sin\varepsilon\right]^2} \ , \qquad (2.13)$$

де α_P – кут атаки долота (на рис.2.6. не показано).

Довжина утворюючої дорівнює миттєвому значенню FD

$$L_i = \sqrt{(X_D - X_F)^2 + (Y_D - Y_F)^2 + (Z_D - Z_F)^2} \ .$$

З розрахункової схеми : $X_F = Y_F = 0$; $Z_F = a$.

Тоді :

$$L_i = a \cdot \sqrt{tg^2(\alpha_p + \varphi_2) \cdot \cos^2\varepsilon + tg^2\varphi_2 \cdot \sin^2\varepsilon + 1} \qquad (2.14)$$

Підставивши значення (2.13) та (2.14) в рівняння (2.12) отримуємо значення площі утворюваної поверхні.

Остаточно сила, яка витрачається на відокремлення шару грунту

$$F_{ск} = a^2 \cdot C_{пит} \int_0^{0,5\pi} \sqrt{\left[tg(\alpha_p + \varphi_2)\cdot\cos\varepsilon\right]^2 + \left[tg\varphi_2 \cdot \sin\varepsilon\right]^2} \cdot$$

$$\cdot \sqrt{tg^2(\alpha_p + \varphi_2)\cdot\cos^2\varepsilon + tg^2\varphi_2 \cdot \sin^2\varepsilon + 1}\cdot d\varepsilon, \qquad (2.15)$$

Горизонтальна складова, що доведена до носка долота

$$F_P = F_{ск}\cdot\sin(\alpha_P + \varphi_2) \qquad (2.16)$$

Рівняння (2.15) важко розв'язати аналітично. Тому використовується комп'ютерний метод чисельного інтегрування. Суть цього методу полягає в тому, що діапазон інтегрування від 0 до 0,5π розбивають на невеликі ділянки, розраховують площі ділянок і відповідні їм сили сколювання. Потім реакції всіх ділянок підсумовуються для отримання сумарної реакції, приймаючи dε=1,00, і необхідні розрахунки виконуються в Excel. Результати розрахунків наведено нижче.

Таким чином, за даних умов роботи середнє значення горизонтальної складової тягового опору, зумовленого зрізанням ґрунту долотом, становить FP = 0,809 кН. Горизонтальна складова опору стояка визначається відповідно до рекомендацій А.М. Панченка [21]:

$$F_H = C_{УД}\cdot\left[\frac{0,66\cdot(a-a_1)^2\cdot ctg\varphi^2}{\cos(\alpha_P + \varphi_2)} + \delta\cdot(a-a_1)\right]\cdot tg(\alpha + \varphi_2) +$$

$$+ 4,9\cdot(a-a_1)^2\cdot tg^2(45^0 - \frac{\varphi_2}{2})\cdot\gamma\cdot\left[\sin\varphi_2 + \cos(\alpha_P + \varphi_2)\cdot\cos\alpha_P\cdot tg\varphi_1\right] +$$

$$+ 2\cdot(a - a_1)^2\cdot\{0,5\cdot C_{уд}\cdot[tg(\alpha_P + \varphi_2) + ctg(\alpha_P)]\cdot\frac{0,66\cdot ctg\varphi_2}{\cos(\alpha_P + \varphi_2)} +$$

$$+ 4,9\cdot\delta\cdot tg^2(45^0 - \frac{\varphi_2}{2})\cdot\sin\varphi_2\cdot\gamma]\}\cdot tg\varphi_1, \qquad (2.17)$$

де γ - питома вага грунту

$(a - a_1)$ – глибина різання без урахування долота.

Підставте вихідні дані та виконайте розрахунок. Під час виконання розрахунків слід зменшити коефіцієнт тертя на 20-25% відповідно до рекомендацій [20], з огляду на те, що стояк рухатиметься пухким ґрунтом. Приймемо, що кут тертя j1 = 280 у ґрунту по відношенню до сталі і кут внутрішнього тертя j2 = 300 у ґрунту.

$$F_H = 1{,}8\cdot\left[\frac{0{,}66\cdot(0{,}18-0{,}05)^2\cdot ctg^2 30}{\cos(20+30)}+0{,}02\cdot(0{,}18-0{,}05)\right]\cdot tg(20+30)+$$

$$+4{,}9\cdot(0{,}18-0{,}05)^2\cdot tg^2(45^0-\frac{30}{2})\cdot 1{,}3\cdot\left[\sin 30+\cos(20+30)\cdot\cos 20\cdot tg28\right]+$$

$$+2\cdot(0{,}18-0{,}05)^2\cdot\{0{,}5\cdot 1{,}8\cdot[tg(20+30)+ctg(20)]\cdot\frac{0{,}66\cdot ctg30}{\cos(20+30)}+$$

$$+\ 4{,}9\cdot 0{,}01\cdot tg^2(45^0-15)\cdot\sin 30\cdot 1{,}3]\}\cdot tg28 = 0{,}197\ кН.$$

Тяговий опір лап. Під час розрахунків передбачається, що гребневі секції Tyne 1 і Tyne 2 працюють у заблокованому режимі. Їхня загальна робоча ширина становить 250 мм. Тому для розрахунку тягового опору можна використовувати формулу 259 [20]. Оскільки ця формула дає питомий опір, то кінцевий результат необхідно помножити на ширину захвату та глибину робочого ходу.

$$P_1 = \{1{,}14\cdot C_{УД}\cdot(\frac{3{,}464\cdot a}{b-2{,}3\Delta\cdot a}+1)+1{,}38\cdot a\cdot\gamma+\frac{1{,}2\cdot a}{b-2{,}3\cdot\Delta\cdot a}\cdot(4{,}0\cdot C_{УД}+0{,}3\cdot a\cdot\gamma)+$$

$$+K'(Z+0{,}4\cdot X)\cdot\frac{1}{a}+7{,}48\cdot\gamma\cdot\frac{V^2}{g}\}\cdot a\cdot b, \qquad (2.18)$$

де Δ = 1,75т/м^3 – питома вага грунту;

γ = 1,4 т/м^3 - об'ємна маса грунту;

V = 2,0/м/с – швидкість поступового руху;

X=Z=0,001 м – параметри притуплення леза.

Підставимо вихідні дані і виконаємо розрахунки.

$$P_1 = \{1,14 \cdot 1,8 \cdot (\frac{3,464 \cdot 0,05}{0,25 - 2,3 \cdot 1,75 \cdot 0,05} + 1) + 1,38 \cdot 0,05 \cdot 1,4 +$$

$$+ \frac{1,2 \cdot 0,05}{0,25 - 2,3 \cdot 1,75 \cdot 0,05} \cdot (4,0 \cdot 1,8 + 0,3 \cdot 0,05 \cdot 1,75) +$$

$$+ 380(0,001 + 0,4 \cdot 0,001) \cdot \frac{1}{0,05} + 7,48 \cdot 1,75 \cdot \frac{2^2}{9,8}\} \cdot 0,05 \cdot 0,25 = 0,88 \text{ кН}$$

Підрізальна секція лапи 2 працює в режимі розблокування і на пухкому ґрунті. Ширина захвату перебуває в діапазоні від 0,05 до 0,10 м. Тут максимальне значення b = 0,10 м. Згідно з [20], питома когезійна сила частинок ґрунту, що розпушуються лапою, становить 0,10-0,50 кН/м2. Тут використовується максимальне значення $C_{уд}$ = 0,50 кН/м2. Питома вага також зменшується залежно від ступеня розпушення.

Вихідні дані розраховуються шляхом підстановки в f-функцію (2.18).

$$P_2 = \{1,14 \cdot 0,5 \cdot (\frac{3,464 \cdot 0,05}{0,10 - 2,3 \cdot 0,75 \cdot 0,05} + 1) + 1,38 \cdot 0,05 \cdot 1,4 +$$

$$+ \frac{1,2 \cdot 0,05}{0,10 - 2,3 \cdot 0,75 \cdot 0,05} \cdot (4,0 \cdot 1,8 + 0,3 \cdot 0,05 \cdot 0,75) +$$

$$+ 380(0,001 + 0,4 \cdot 0,001) \cdot \frac{1}{0,05} + 7,48 \cdot 0,75 \cdot \frac{2^2}{9,8}\} \cdot 0,05 \cdot 0,10 = 0,31 \text{ кН}$$

Таким чином, загальний тяговий опір стрільчастих лап буде становити

$$P_{CT} = P_1 + P_2 = 0,88 + 0,31 = 1,19 \text{ кН}.$$

Опір коченню допоміжних коліс. Сила реакції допоміжного колеса визначається за таким рівнянням.

$$R_K = (G + F_P \cdot tg\alpha_P + P_{CT} \cdot tg\alpha_Г) \cdot f_M, \qquad (2.19)$$

де $\alpha_Г = 8^0$ – кут підйому груді стрілчатої лапи;

$\alpha_Р = 20^0$ – кут атаки долота глибокорозпушувача;

G = 0,320 кН– вага машини;

$f_М$ – коефіцієнт опору кочення.

Розроблена машина використовуватиметься восени для лущення стерні озимих культур. Тому, згідно з табл. 4.3 [22]: fм = 0,15. Гумові колеса використовувалися відповідно до схеми складання.

$$R_K = (0{,}320 + 0{,}809 \cdot tg20 + 1{,}19 \cdot tg8) \cdot 0{,}15 =$$
$$= (0{,}320 + 0{,}294 + 0{,}167) \cdot 0{,}15 = 0{,}117 \text{ кН}$$

Перевірка на можливість агрегатування з мотоблоком. Загальний тяговий опір розробленого агрегату

$$F_\Sigma = 0{,}809 + 0{,}197 + 0{,}88 + 1{,}19 + 0{,}117 + 0{,}40 = 3{,}193 кН.$$

Номінальну силу тяги пішохідного трактора розраховуємо відповідно до рекомендацій В.А. Скотнікова [26]. Відмінною особливістю цієї методики є те, що вона розроблена спеціально для пішохідних тракторів і враховує коефіцієнт кочення ведучих коліс:

$$P_H = \frac{N_H \cdot \eta \cdot k - f \cdot G \cdot V_P}{V_P}, \qquad (2.20.)$$

де $N_Н$ = 6,5 к.с. = 4,45 кВт - номінальна потужність двигуна (мотоблок Zirka);

η = 0,93 – коефіцієнт корисної дії трансмісії мотоблоку;

k = 0,85 – коефіцієнт експлуатаційного навантаження двигуна;

f = 0,12 – коефіцієнт протидії коченню коліс;

G = 0,212 кН – експлуатаційна вага мотоблока (за паспортними даними);

$V_Р$ = 1,08 м/с – робоча швидкість (за паспортними даними з урахуванням буксування).

Підставивши значення отримуємо

$$P_H = \frac{4,45 \cdot 0,93 \cdot 0,85 - 0,12 \cdot 0,212 \cdot 1,08}{1,08} = 3,232\ кН > \ F_\Sigma = 3,193 кН.$$

Таким чином, за тяговим зусиллям (у розрахунковій формулі враховується коефіцієнт експлуатаційного навантаження двигуна k = 0,85) умова агрегування виконується.

2.4. Аналітичні дослідження збудження коливань стояка глибокорозпушувача

Вібрації виникають унаслідок того, що загальна реакція сил, які діють на ґрунтопоглиблювач, має змінний періодичний характер, який визначається характером зміни сил FSC. Під час руху долота відокремлення елементів ґрунту від загального масиву ґрунту (мал. 2.7) відбувається за площиною зсуву 3, що нахилена під кутом 90°+φ_2, до відвалу де φ_2 - кут внутрішнього тертя ґрунту [20]. З початком руху затінена частина ґрунту мнеться до утворення тріщин, після чого починається рух сколотої частини. Таким чином, момент сколювання настає за умови $F_{СК} = F_{ЗМ}$, де $F_{ЗМ}$ - сила, що діє на затінену ділянку. Виходячи з цієї умови, можна визначити відстань Si між двома послідовними лініями розколу.

Зусилля для зминання:

$$F_{ЗМ} = g \cdot \Delta \cdot b_Д, \qquad (2.21)$$

де g = 5 – 10 н/см^3 – коефіцієнт об'ємного зминання грунту (значення відповідає стерні);

Δ - площа заштрихованої частини (рис.2.7.);

$b_Д$ – ширина долота.

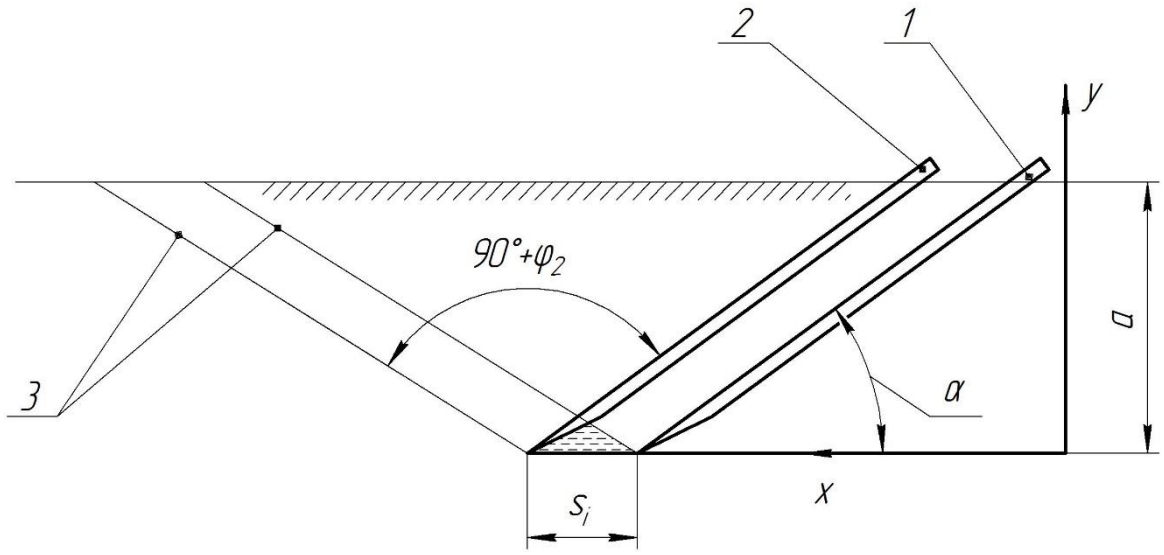

Рис. 2.7 – Розрахункова схема до визначення відстані між двома послідовними лініями сколу: 1 – вихідне положення долота; 2 – положення долота на момент сколу; 3 – пріоритетний напрямок розповсюдження лінії сколу

З розрахункової схеми

$$b = S_i \cdot \frac{\sin(90-\alpha-\varphi_2)}{\sin(90+\varphi_2)} = S_i \cdot \frac{\cos(\alpha+\varphi_2)}{\cos\alpha}$$

$$h = b \cdot \sin\alpha = S_i \cdot \cos(\alpha + \varphi_2) \cdot tg\alpha$$

$$\Delta = 0{,}5 \cdot h \cdot S_i$$

$$F_{ЗМ} = g \cdot \Delta \cdot b_Д = 0{,}5 \cdot g \cdot b \cdot S_i \cdot \cos(\alpha + \varphi_2) \cdot tg\alpha$$

Остаточно, відстань між двома послідовними лініями сколу

$$S_i = \frac{2 \cdot F_{СК}}{g \cdot b \cdot \cos(\alpha+\varphi_2) \cdot tg\alpha} = \frac{2 \cdot 0{,}809}{10000 \cdot 0{,}05 \cdot 0{,}72 \cdot 0{,}364} = 0{,}0123 \text{ м} = 1{,}23 \text{ см}$$

Час, що проходить між двома послідовними лініями сколу

$$t = \frac{S_i}{V_P}, \tag{2.22}$$

де V_P – робоча швидкість.

Для виконання силового аналізу конструкції розглянемо розрахункову схему рис.2.8.

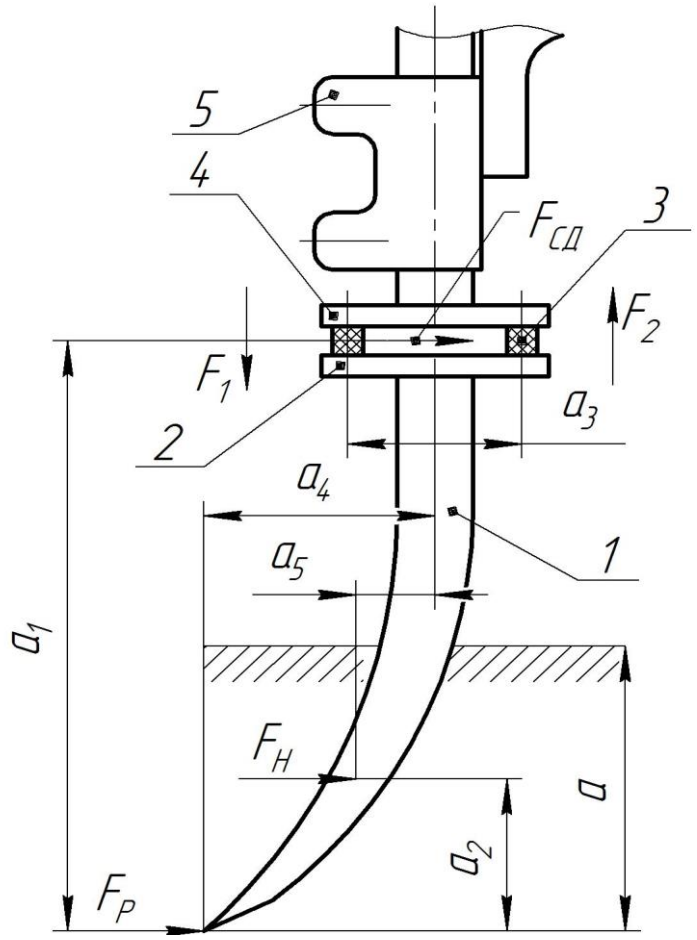

Рисунок 2.8 – Схема діючих на глибокорозпушувач сил:

1 – стояк; 2 – опора нижня; 3 – гумовий пружний елемент; 4 – опора верхня; 5 – кронштейн кріплення

Рівняння діючих моментів

$$F_P \cdot a_1 + F_H \cdot (a_1 - a_2) = F_1 \cdot \frac{a_3}{2} + F_2 \cdot \frac{a_3}{2} \tag{2.23}$$

В першому наближенні можна прийняти $F_1 = F_2$. Тоді рівняння прийме вид

$$F_P \cdot a_1 + F_H \cdot (a_1 - a_2) = F_1 \cdot\cdot a_3 \qquad (2.24)$$

Сила, що стискає пружний елемент

$$F_1 = \frac{F_P \cdot a_1 + F_H \cdot (a_1 - a_2)}{a_3} \qquad (2.25)$$

Завдяки наявності пружного елемента 3 (рис. 2.8) бурова головка під дією F1 постійно змінює своє положення, тобто виникають вібрації. Частота коливань визначається часом між двома послідовними наконечниками, а амплітуда - жорсткістю пружного елемента Час між двома наконечниками практично повністю залежить від механічних і технічних властивостей ґрунту. Тому, якщо не враховувати час релаксації пружних елементів, частота кругових коливань

$$\Omega = \frac{1}{t} = \frac{V_P}{S_i} = \frac{1,08}{0,0123} = 87,8\ c^{-1}$$

З погляду надійності пружних елементів недоцільно деформувати їх більш ніж на 1/3 товщини. Жорсткість пружного елемента можна визначити за таким рівнянням

$$C = \frac{F_1}{0,33 \cdot d}, \qquad (2.26)$$

де d – товщина пружного елементу.

Аналітично проаналізувати характер зміни амплітуди коливань дуже складно. Це пов'язано з невизначеним характером деформації гуми під час застосування непрямої сили. Тому жорсткість і товщина пружних елементів мають бути обрані з таких умов, щоб деформація під час стиснення силою F1 становила рівно 1/3 товщини.

Для ґрунтозачепів було прийнято такі конструктивні параметри:

$$F_1 = \frac{0,809 \cdot 0,5 + 0,197 \cdot 0,09}{0,2} = 2,11кН$$

C = 2,11/0,33/0,02 = 320 кН/м.

2.5. Графічний аналіз отриманих залежностей

Пріоритетним завданням наших досліджень є створення інтегральної аналітичної моделі для визначення тягових зусиль, що виникають під час взаємодії заготовки довільної геометрії з обробним середовищем. Відомі дослідження в цьому напрямі О.М. Панченка [21] та О.М. Семенюти [27]. Ці дослідження об'єднує те, що вони засновані на теорії внутрішніх напружень у ґрунтах. Визначається питома сила зчеплення частинок, і для утворення поверхні руйнування ця сила зчеплення має бути подолана діючою силою. Різниця полягає в методиці визначення розмірів цієї поверхні. Ми пропонуємо свій інтегральний метод, викладений у розділі 2.4.1. Розрахунки проводилися за описаною вище методикою, і результати наведені на рис. 2.9 у порівнянні з результатами натурних досліджень.

Вихідні дані для розрахунків було взято відповідно до ґрунтових умов на експериментальному майданчику. Результати аналізу наведено нижче.

Усі моделі були побудовані для середніх ґрунтово-кліматичних умов центральної зони України. Так, найбільша схожість була отримана за питомої зв'язності 1,8 кН/м2.

Розрахунки за методикою О.М. Панченка [21] призвели в середньому до більших розбіжностей порівняно з іншими методами. Це можна пояснити тим, що площу сформованої поверхні розраховували за спрощеною схемою, щоб уникнути чисельного інтегрування на ЕОМ.

О.М. Семенюта [7] відійшов від цієї схеми і ввів чисельне інтегрування. Модель, представлена автором, не є універсальною і складніше адаптується до інструментів довільної геометрії, але в нашому випадку

труднощів не виникає. Крім того, як видно з рис. 2.9, залежність більшою мірою узгоджується з експериментом, особливо за малих значень питомої сили зчеплення частинок ґрунту.

Запропонована нами модель є більш універсальною, а також демонструє хорошу збіжність для великих і малих значень питомої сили зчеплення частинок ґрунту.

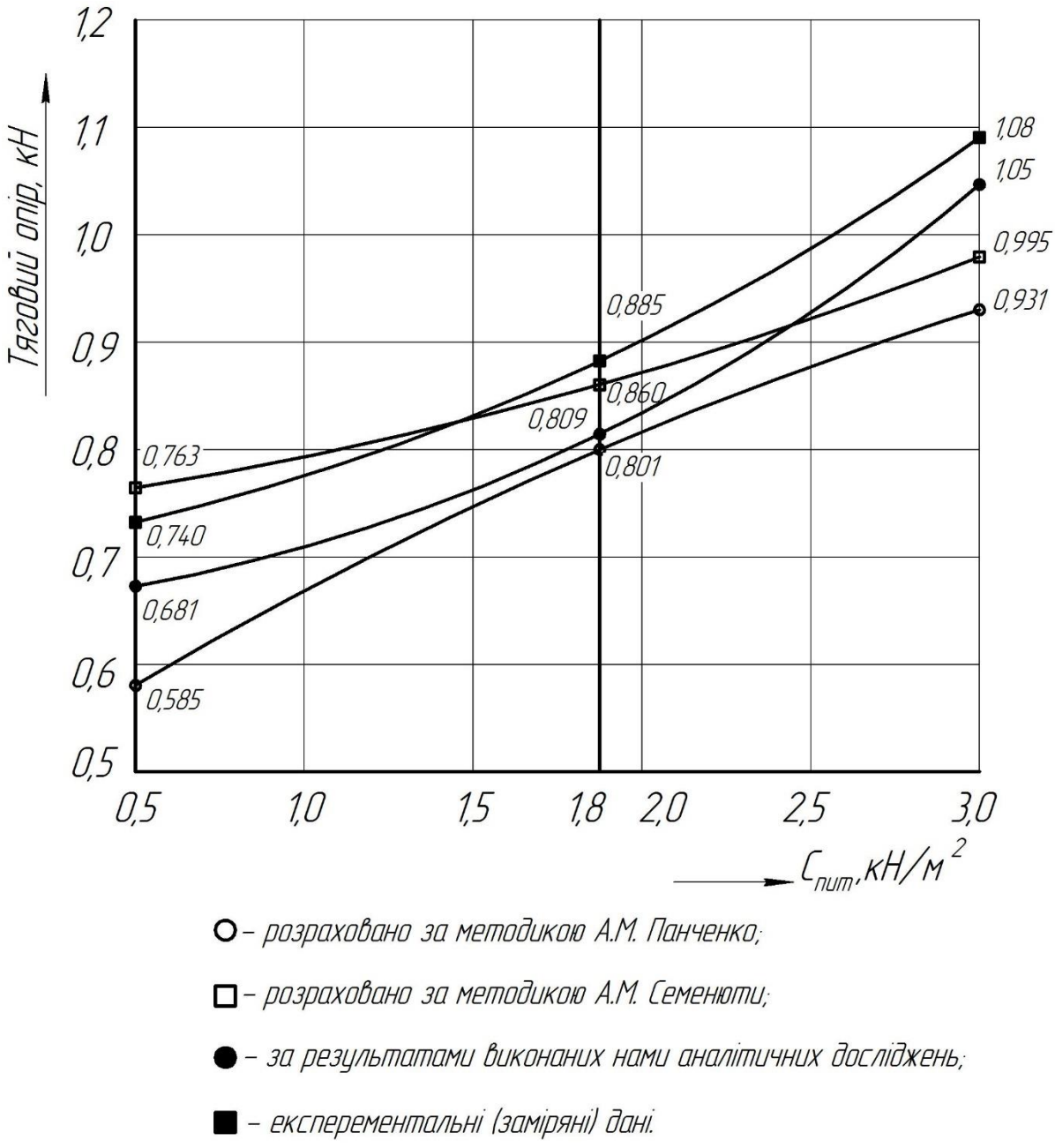

Рисунок 2.9 – Розрахунковий за різними методиками та заміряний тяговий опір долота глибокорозпушувача (без стояка):

$С_{ПИТ}$ = 0,5 кН/м^2 - спеціально підготовлена ділянка;

$С_{ПИТ}$ = 1,8 кН/м^2 – ділянка проведення дослідів;

$С_{ПИТ}$ = 3,0 кН/м^2 - грунтова дорога.

Висновки

1. У даному розділі представлено основні принципи формування машини для роботи в смуговому землеробстві. Пропонується машина, що складається з крокуючого трактора і рами, на якій змонтовано основний робочий орган. У процесі роботи диски прорізають шар ґрунту, розділяючи оброблені та необроблені смуги. Далі стрілчасті лапи на глибині 50-60 мм прочісують і підрізають кореневу систему бур'янів. Долотоподібний ґрунтопоглиблювач розпушує ґрунт у середині смуги на глибину 150-180 мм.

2 Авторами запропоновано оригінальну аналітичну модель взаємодії ґрунтопоглиблювача з ґрунтом. Розрахунки доводять, що в ґрунтових умовах Дніпровського регіону можна отримати оптимальні значення амплітуди (10-20 мм) і частоти (87,8 с-1) для жорсткості пружних елементів віброзбуджувача в діапазоні 32 кн/м.

3. прогнозований розрахунковий тяговий опір машини становив 3,193 кН під час роботи за максимального значення питомої сили зчеплення частинок ґрунту 1,8 кН/м2 ... Аналіз розрахункового тягового опору за допомогою розробленої нами математичної моделі показав хорошу згоду з результатами експериментального дослідження.

3. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Мета і програма досліджень

Загальна мета досліджень - перевірка висунутих гіпотез щодо закономірності процесів збудження автоколивань робочого тіла, достовірності отриманих математичних моделей і практичного відпрацювання розрахункових параметрів.

Програма досліджень полягає в такому: Визначення механічних і технічних властивостей ґрунтів у районі проведення досліджень.

У пасивному варіанті робочого апарата перевірка сумісності розрахункових даних щодо відстаней між послідовними наконечниками з експериментально визначеними даними;

В активній версії робочого апарату

- перевірка правильності обраного конструктивного рішення в частині компонування апарату;
- перевірка обґрунтованості основних положень математичної моделі автоколивального збудження за запропонованою схемою робочого апарата.

3.2. Методика визначення механіко-технологічних властивостей грунту

У розробленій математичній моделі використовуються два показники механіко-технічних властивостей: питома сила зчеплення частинок ґрунту та коефіцієнт зовнішнього тертя сталевих лиж, які ковзають по рослинних рештках. Останній показник потребує знання виду та кількості рослин на 1 м2.

Для визначення бур'янонебезпечності посівів здебільшого використовують такі методи: окомірний, кількісний, гравіметричний та кількісно-гравіметричний. Окомірний метод А.Мальцева полягає в тому, що по діагоналі поля через рівні проміжки часу проводиться облік бур'янів усіх

видів. Спостереження оцінюються за чотирма рівнями: 1 бал - одиничний бур'ян у посіві; 2 бали - бур'янів уже багато, але ще менше в посіві; 3 бали - бур'янів багато, але менше, ніж культурних рослин; 4 бали - бур'янів більше, ніж культурних рослин, і вони витісняються культурними рослинами.

Середнє значення балів за бур'янистість на кількох ділянках є балом за бур'янистість культури. У зв'язку з різним періодом вегетації бур'янів їхню візуальну оцінку слід проводити кілька разів - на початку, в середині та наприкінці вегетаційного періоду. В облікову таблицю (табл. 2.1) занести бали засміченості бур'янами за трьома-чотирма найпоширенішими біологічними групами.

Таблиця 2.1.

Шкала для оцінки забур'яненості посівів сільськогосподарських культур.

Кількість бур'янів, шт./м^2		Бал за-бур'яненості	Ступінь забур'яненості
Малорічних	Багаторічних		
Менше 10	Менше 1	1	Слабкий
10 – 50	1 – 5	2	Середній
Понад 50	Понад 5	3	Сильний

Через свою простоту та недосконаліть візуальний метод визначення забур'яненості поля використовується лише в робочих обстеженнях, які проводять на початку вегетаційного періоду.

Для підрахунку бур'янів слід використовувати рамку площею 2-3 м2 (рис. 3.1), а залежно від ступеня забур'яненості посівів - 0,25-1,0 м2 з переважанням дрібних однорічних бур'янів.

Рис. 3.1 - Типовий агрофон на ділянці проведення дослідів

Залежно від мети спостереження підрахуйте загальну кількість бур'янів, укажіть, скільки серед них багаторічних і дрібних однорічних бур'янів, і запишіть це в робочу карту.

Питому силу зчеплення частинок вимірювали за кількістю ходів твердоміра DorNDI (рис. 3.4). По суті, підрахунок кількості ходів вантажу 4 ведеться до повного занурення наконечника 3 твердоміра на глибину 100 мм. У цьому випадку робота, що виконується вантажем за кожен хід, має дорівнювати 1 кг/м.

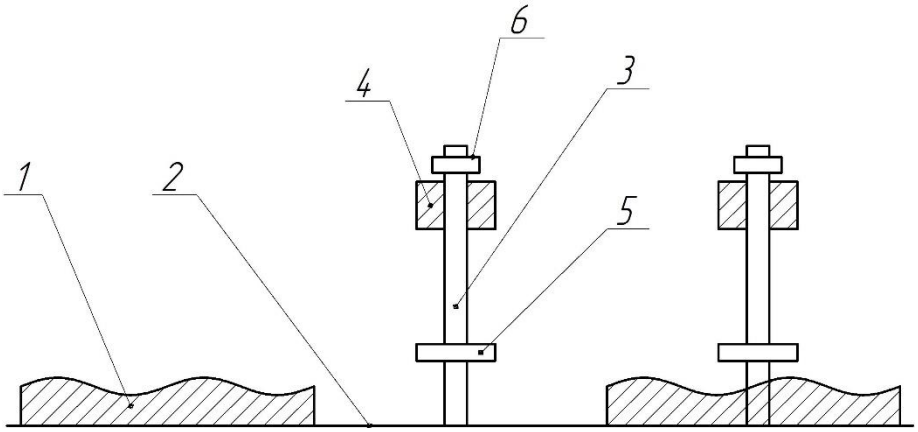

Рис. 3.4 – Схема визначення питомого зчеплення часток грунту:

1 – не оброблена смуга; 2 – оброблена смуга; 3 – твердомір ДорНДІ;

4 – вантаж; 5 – дисковий упор; 6 – обмежуючий упор

Особливістю цієї конструкції є те, що наконечник 3 має циліндричну форму і працює виключно на роздавлювання. Крім того, за числом ударів вантажу визначалася питома сила зчеплення ($С_{уд}$) частинок відповідно до графіка [20].

У технології Strip-till чергуються оброблені та необроблені ділянки поля. Цей вид обробітку ґрунту призводить до відмінностей у механічних і технічних властивостях поверхневого шару ґрунту, які необхідно враховувати під час розподілу наступних технічних операцій.

Ми пропонуємо метод визначення основних механічних і технічних властивостей ґрунтів на оброблених і необроблених ділянках. В основу покладено питому адгезію частинок як найважливіший показник для визначення всіх інших механічних, технічних і фізичних властивостей. На рис. 3.4 схематично показано методику проведення вимірювань.

Суть цього вимірювання полягає у спостереженні за динамікою зміни питомого зчеплення за певний період часу на оброблених і необроблених смугах. Однак на поверхні необроблених смуг є рослинні рештки, які перешкоджають зануренню наконечника твердоміра в ґрунт. Тому для видалення цих рослинних решток поверхневий шар знімається на товщину 1-2 см.

Коефіцієнт внутрішнього тертя ґрунту визначався на основі закону Кулона, який встановлює залежність, що ґрунтується на експериментах зі зсуву та визначається:

$$\tau = c + \sigma \cdot tg(\varphi_2), \qquad (3.1)$$

Зразок ґрунту поміщали в пристрій зсуву (рис. 3.3). Після прикладання до зразка сили P до нього прикладали горизонтальне навантаження T, і відносний зсув b верхнього кільця 2 відносно нижнього кільця 1 вимірювали мікрометром 4 у разі поступового збільшення T до остаточного руйнування ґрунту. Зусилля вимірювали за допомогою динамометра 5.

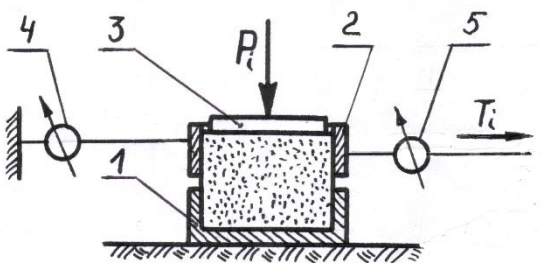

Рис. 3.3. Схема установки:

Рівняння (3.1) має два невідомих. Тому для визначення c і j2 необхідно провести два експерименти зі зсуву за різних значень σ і τ (τ = T/F, σ = P/F, де F - площа поперечного перерізу зразка).

На відміну від сил тертя, сили адгезії не залежать від нормального тиску, тому можливі два рівняння з двома невідомими:

$$\tau_1 = c + \sigma_1 \cdot tg(\varphi_2); \qquad (3.2)$$

$$\tau_2 = c + \sigma_2 \cdot tg(\varphi_2). \qquad (3.3)$$

Розв'язання одночасних рівнянь дає значення коефіцієнта внутрішнього тертя.

$$f_2 = tg(\varphi_2) = \frac{\tau_2 - \tau_1}{\sigma_2 - \sigma_1}. \qquad (3.4)$$

$$W = \frac{m_B}{m_G}, \qquad (3.5)$$

де: m_B – маса вологи у пробі, m_G – маса сухої проби.

3.3. Методика визначення показників роботи агрегату

Програма дає змогу проводити дослідження в пасивному й активному режимі. Для проведення експерименту в пасивному режимі пружину в позиції 5 (рис. 2.2) було видалено, а чашку в позиції 6 було затягнуто гайкою в позиції 7. Таким чином, у пасивному й активному режимі можна отримати абсолютно однакові умови.

Дослідження проводилося в польових умовах. Було обрано ділянки з найбільш однорідними умовами за питомим прикріпленням бур'янів і частинок. Робочий орган закопувався на глибину 18 см і протягувався на 10 м крокуючим трактором. Така довжина необхідна для забезпечення

номінальної продуктивності агрегату. У процесі роботи перед робочим органом утворюється грудкуватий шар подрібненого ґрунту, який ще не ввійшов у міжряддя і не був розпушений. Цей шар ґрунту ділиться на кільця, відстань між якими дорівнює відстані між черговими сколами. Після зупинки машини спереду за напрямком руху відстань між кільцями вимірювалася лінійкою і визначалося середнє значення.

В активному режимі вимірювали амплітуду коливань. Для цього до робочого місця кріпилася пружина, яку затягували гайкою доти, доки чашка не переставала переміщатися вручну. На опорі 10 (рис. 2.4) був закріплений скобою олівець від пишучого механізму твердоміра ВХТГОМ, а на скобі 8 - папір. Кронштейн твердоміра підпружинений, і олівець перебуває в постійному контакті з папером. Після проходження через прилад вимірюється довжина проведеної лінії, яка і є амплітудою коливань. Проводиться дев'ять-десять експериментів і виходить середнє значення.

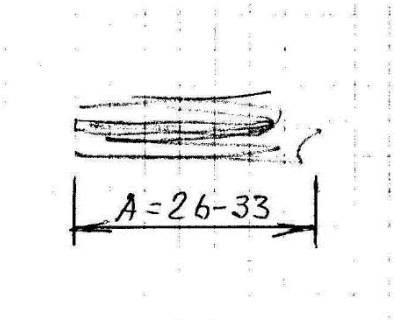

Рис. 3.5. – Зразок отриманої діаграми заміру амплітуди

Недоліком цього методу є те, що відсутній механізм натягу паперу і лінії накладаються одна на одну (рис. 3.5). Вібраційні частоти не вимірювали, оскільки не було необхідного обладнання.

3.4. Визначення якості розпушення грунту

Для оцінки якості розпушування ґрунту здебільшого використовується коефіцієнт структури $К_{ст}$ (рис. 3.6).

Рис. 3.6. Решітний класифікатор механічного складу

На відміну від традиційних методів, відокремлювалася тільки та фракція, яка проходила через сито діаметром 10 мм. Однак просіяти всю пробу на таких ситах дуже складно. Тому для попереднього відділення великих агрегатів використовувалися всі сита.

На оброблювану поверхню встановлювали спеціально виготовлену раму розміром 1,0 х 0,25 м, у якій шар ґрунту знімали до дна траншеї. Знятий ґрунт зважували, висипали на сита, розташовані у верхній частині ситового класифікатора, і по черзі просівали через них.

Оскільки мінімальний діаметр отворів ситового класифікатора становить 10 мм, сита практично використовували для відокремлення агрегатів, що становлять сільськогосподарську цінність.

Як показує практика, поділ агрегатів розміром менше 0,25 мм має похибку 2.... .3% і менше, в результаті чого похибка не перевищує 2.

Тому, з достатньою точністю визначаємо:

$$K_{СТ} = \frac{A}{B-A}. \qquad (3.2.)$$

3.5. Визначення швидкості руху машини по сліду

Швидкість руху тракторів з гусеничним приводом сильно залежить від оператора. Тому можна використовувати тільки діапазони швидкостей та їхні середні значення. Метод вимірювання полягає в такому.

На багатті вимірювали ділянку завдовжки 50 м (рис. 3.7). Установки встановлювалися таким чином, щоб вісь ведучого колеса проходила через першу палю. Наявність паль була необхідною, оскільки вони слугували орієнтиром для визначення прямолінійності. Поруч із кілками перебував дослідник, який тримав прапорець, що вказував початок і кінець руху машини; третій дослідник за допомогою секундоміра вимірював час проходження машини між кілками. Було проведено три опитування, за результатами яких розраховували середні значення.

Рис.3.7 – Розмітка плантації для визначення поступової швидкості агрегату

Висновки.

1. Пропонований метод оцінки механічних і технічних властивостей ґрунтів на дослідному полі забезпечує мінімальну кількість необхідних і достатніх вимірювань. Відомі методи оцінки кількості рослин на одиниці площі та вимірювання питомої когезійної сили ґрунтових частинок. Оригінальними є методи вимірювання відстані між послідовними лініями наконечників та амплітуди коливань. Під час наших досліджень ми підтвердили їхню працездатність.

4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Механіко-технологічні властивості агрофону

Експериментальне дослідження проводилося на дослідному майданчику ТОВ "ПЕРЕМОГА" в Нікопольському районі. Показники агрофону визначалися за методикою, описаною в главі 3.

Умови дослідження:

Тип грунту-чорнозем звичайний середньосуглинистий

Питома вага грунту становить 1,3 г / см3

Ширина смуги-25 см

Глибина обробки-18 см (по осі смуги)

Кількість рослин на 1 см2 (Таблиця 4.1.) визначали шляхом нанесення рамки розміром 25х25 см на поверхню поля.

Таблиця 4.1. – кількість рослин на 1 м^2

№	Підрахована кількість		В розрахунку на 1 м^2	
	Пов'язані з кореневою системою	Не пов'язані з кореневою системою	Пов'язані з кореневою системою	Не пов'язані з кореневою системою
1	427	83	0,68	0,13
2	480	62	0,77	0,10
3	469	69	0,75	0,11
Середнє	458,7	71,3	0,73	0,11
Взагалом	530		0,848	

Аналіз даних показує показник кількості рослин на 1 м2 Він знаходиться в межах середнього показника по регіону [20].

Результати визначення питомої адгезії частинок грунту наведені в таблиці 4.2.

Таблиця·4.2.-·Питоме·зчеплення·часток·грунту·на·дослідній·ділянці¶

№¤	Заміряна·кількість·ударів·твердоміра·ДорНДІ¤	Середня·кількість·ударів¤	Питоме·зчеплення·часток·грунту,·кН/м^{2}¤
1¤	12¤	¶	¶
2¤	14¤	¶	¶
3¤	18¤	¶	¶
4¤	13¤	14¤	2,2¶
5¤	17¤		¤
6¤	9¤		
7¤	11¤		
8¤	17¤		
9¤	15¤		

¶

Середнє значення питомої адгезії частинок грунту знаходиться в межах середнього значення звичайного середньосуглинистого чорнозему.

Результати визначення коефіцієнта зовнішнього тертя ковзання стали по рослинних залишках наведені в таблиці 4.3.

Таблиця· 4.3· -· Коефіцієнта· зовнішнього· тертя· ковзання· сталі· по· рослинним· решткам·(позначення·у·відповідності·до·ф-ли·(3.1.)¶

№¤	N,·кг¤	F_T,·кг¤	f_{1}¤	f_1¶ (середнє)¤
1¤	6,21¤	18,9¤	0,33¤	¶
2¤	6,21¤	17,7¤	0,35¤	¶
3¤	8,21¤	23,0¤	0,36¤	0,34¤
4¤	8,21¤	24,8¤	0,33¤	
5¤	9,21¤	27,4¤	0,34¤	

¶

4.2. Результати досліджень

Візуальне спостереження за агрегатом встановлює, що якість робіт відповідає вимогам агротехніки. Поверхня поля гладка і однорідна, без дефектів (рис.4.1.).

Рисунок 4.1 – Ділянка смуги, що оброблена дослідною машиною

Швидкість сталевого агрегату становить від 0,5 до 1,5 м/с.для виконання наукових і технологічних процесів зі швидкістю в діапазоні робочих швидкостей.Шлях занурення на робочу глибину 18 см становить 0,7 м при роботі у всьому діапазоні швидкостей. Машина добре реагує на дії оператора з регулювання напрямку руху в межах до 10 градусів. При більшому куті повороту моторний блок, який використовується в експерименті, має малу потужність, тому необхідно докласти зусиль оператора. Аналіз рис.4.1. великі грудки, відсутні бур'яни повністю засипаний грунтом.

Експеримент був проведений для підтвердження гіпотези про те, що амплітуда вібрації не залежить від швидкості робочого ходу агрегату. Результати вимірювань наведені в таблиці 4.4.

Таблиця·4.4.·Результати·практичного·визначення·амплітуди·коливань·від·жорсткості·пружини¶

C,¶ ·кН/см¤	V_P,¶ ·м/с¤	A,¶ ·мм¤	$A_{СР}$,¶ ·мм¤	Δ,·мм¶ (нев'язка)¤	Δ^{2}¤	σ¤
¶ ¶ 2,0¤	0,516¤	32¤	¶ ¶ 32,25¤	0,25¤	0,0625¤	¶ ¶ 0,74¤
	0,819¤	33¤		0,75¤	0,5625¤	
	1,010¤	30¤		2,25¤	5,0625¤	
	1,126¤	34¤		1,75¤	3,0625¤	
¶ ¶ 2,5¤	0,612¤	29¤	¶ ¶ 30,00¤	1,00¤	1,00¤	¶ ¶ 0,25¤
	0,863¤	30¤		0,00¤	0,00¤	
	0,906¤	30¤		0,00¤	0,00¤	
	1,214¤	31¤		1,00¤	1,00¤	

¶

Аналіз табличних даних показує, що середньоквадратичне відхилення результатів вимірювання амплітуди вібрації при одному і тому ж значенні жорсткості пружини не перевищує 0,5% від номінального значення в діапазоні швидкостей від 1,2 до 1,0 м/с.Таким чином, можна стверджувати, що в зазначеному діапазоні діапазон швидкостей плавного переміщення агрегату, амплітуда вібрації не залежить від швидкості, а час релаксації при розрахунку зневажливо мало. Слід зазначити, що дослідження багатьох авторів [18, 21, 23] показали, що цей діапазон амплітуд коливань є оптимальним.

Якість розпушення. У нашому випадку на якість розпушування впливають загострені лапки і глибинні навантажувачі, схожі на бліх, останні пересуваються по пухкому верхньому шару. Тому було необхідно окремо дослідити якість розпушування ґрунту цими робочими органами, вплив на загальний і пошаровий структурні коефіцієнти глибокорозпушувачів, а також вплив зміни останнього на стратифікацію ґрунту. Таким чином, експеримент проводився в 3 етапи: стрільчасті лапи одноосібно;

- стрільчасті лапи плюс глибо розпушувач в пасивному режимі;

- стрільчасті лапи плюс глибо розпушувач в активному режим

Результати досліджень представлені у виді табл. 4.4 – 4.6.

Проби бралися тільки в поверхневому шарі 0 – 5 см.

Таблиця·4.4·¶

·Фракційний·склад·взятих·проб·та·коефіцієнт·структурності·поверхневого·шару·після·проходу·стрільчастих·лап·(шар·грунту·0·–·5·см)¶

№·проби¤	Вага· проби,·кг¤	Вага·фракції,·кг¤		¶ $К_{СТ}$¤	$К_{СТ}$¶ (середнє)¶ ¤
		<·10·мм¤	>·10·мм¤		
1¤	34,7¤	15,1¤	19,6¤	0,770¤	¶
2¤	49,1¤	20,6¤	28,5¤	0,723¤	¶
3¤	53,9¤	24,4¤	29,5¤	0,827¤	¶
4¤	28,9¤	12,9¤	16,0¤	0,806¤	¶
5¤	39,3¤	18,2¤	21,1¤	0,863¤	0,778¤
6¤	47,1¤	23,3¤	27,3¤	0,853¤	
7¤	44,7¤	19,8¤	24,9¤	0,759¤	
8¤	56,1¤	22,2¤	33,9¤	0,655¤	
9¤	42,5¤	18,1¤	24,4¤	0,742¤	

Таблиця 4.5

Фракційний склад взятих проб та коефіцієнт структурності поверхневого шару (0 – 5 см) після проходу стрільчастих лап і пасивного глибокорозпушувача

№ проби	Вага проби, кг	Вага фракції, кг		$К_{СТ}$	$К_{СТ}$ (середнє)
		< 10 мм	> 10 мм		
1	40,8	16,7	24,1	0,693	0,664
2	71,8	29,6	42,2	0,698	
3	88,8	34,4	54,4	0,632	
4	81,8	32,9	48,9	0,673	
5	92,5	38,2	54,3	0,704	
6	107	43,4	63,6	0,682	
7	93,6	39,2	54,4	0,721	
8	98,6	35,2	63,4	0,555	
9	76,2	29,2	47,0	0,621	

Таблиця 4.6.

Фракційний склад взятого зразка і структурний коефіцієнт поверхневого шару після проходження загострених ніжок і активного глибокого наповнювача (0-5 см).

№ проби	Вага проби, кг	Вага фракції, кг		$К_{СТ}$	$К_{СТ}$ (середнє)
		< 10 мм	> 10 мм		
1	67,3	25,3	42,0	0,602	0,589
2	82,2	29,8	52,4	0,569	
3	38,9	14,4	24,9	0,583	
4	52,8	19,6	33,2	0,590	
5	81,2	30,8	50,4	0,611	
6	60,1	22,5	37,6	0,598	
7	53,6	20,1	33,5	0,600	
8	43,8	16,5	27,3	0,604	
9	52,5	18,4	34,1	0,540	

Структурні коефіцієнти згідно з різними джерелами вважаються оптимальними в досить широкому діапазоні-від 0,26 до 1,20, в залежності від типу грунту і вирощуваних культур. Отже, отримане значення можна вважати нормальним.

З аналізу таблиці було встановлено, що структурний коефіцієнт поверхневого шару зменшується з введенням глибинного наповнювача. Це пов'язано з тим, що в нижніх шарах прокидаються дрібні наповнювачі, і це особливо інтенсивно, коли вібрації передаються долоту. Однак, враховуючи той факт, що глибинний навантажувач встановлюється на машину тільки в тому випадку, якщо він використовується при осінній обробці, ця тенденція корисна з точки зору зниження ризику ерозії. У весняному варіанті значення $К_{ст}$ = 778 слід вважати досить високим. Але при аналізі слід враховувати, що за плантацією, на якій проводився експеримент, добре доглядають протягом багатьох років.

4.3. Прогнозована продуктивність і витрати палива агрегату

Рекламні проспекти в інтернет-виданнях демонстрували продуктивність культиватора, засновану на оранці прямокутної ділянки фронтальним плугом, без втручання у вигляді дерева.Тому, щоб отримати порівнянні дані, розрахунки були виконані точно в аналогічних умовах, а для порівняння були використані паспортні дані моторного агрегату Zirka.

- продуктивність – 0,11 га/год (для варіанту Strip Till);
- ширина захвату – 25 + 25 = 50 см;
- витрати палива – 0,62 кГ/год

Робоча швидкість непостійна. Середнє значення, зазвичай враховується при розрахунку, становить 1,0±0,1 м/с.при проведенні експериментальних досліджень отримано значення Vр=1,08 м/с, взяте за основу. Передбачається, що ширина захвату становить 0,50 м (оброблена смуга - 0,25 м + необроблена смуга - 0,25 м).

$$W_{год} = 0,1 \cdot 0,5 \cdot 3,89 \cdot 0,7 = 0,24 \text{ га/год}$$

Слід зазначити, що отримані значення продуктивності характеризують агрегат досить умовно. Справа в тому, що культиватор зазвичай працює не за регламентом. Таким чином, значення 0,136 га/год більше характеризує технічні можливості агрегату в середніх умовах експлуатації.

Розрахунок проводиться в порівнянні з мотоблоком Zirka і агрегатом безперервної дії в складі наконечника плуга.

Згідно з паспортними даними мотоблока, він споживає 0,62 кг палива на годину. Враховуючи, що двигун має низьке енергоспоживання і майже завжди працює в номінальному режимі, витрата складе:

- агрегатом з серійним агрегатом

$$Q_п = 0,62/0,11 = 5,64 \text{ кг/га}$$

- розробленим агрегатом

$$Q_б = 0,62/0,24 = 4,56 \text{ кг/га}$$

Висновки

1. Проведені експериментальні дослідження в основному підтверджують гіпотези, представлені в розрахунковій моделі. Особливо важливо, що експериментально підтверджено, що амплітуда коливань в діапазоні швидкостей 0,5-1,2 м/сек не залежить від швидкості. Однак це твердження підтверджено нами для діапазону жорсткості пружини від 1,0 до 3,0 кн/см.
2. Практично конкретні механічні та технічні характеристики грунту знаходяться в межах, які фактично вказані в аналітичній моделі.
3. Основні техніко-економічні показники розробленого агрегату краще, ніж у прототипу. Таким чином, продуктивність становить 0,24 га/год проти 0,11 га/год, витрата палива і мастильних матеріалів становить 4,56 кг/га проти 5,64 у прототипу відповідно.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1. Загальні вимоги безпеки при роботі на базі мотоблока

Розроблені агрегати рекомендується використовувати на невеликих присадибних ділянках. Тому повна відповідальність за охорону праці та безпеку лежить на власнику, а в більшості випадків це глава сім'ї. З цієї причини були введені спеціальні вимоги з точки зору охорони праці та техніки безпеки.

Розроблений нами розпушувач має механізм автоколивального збудження. Він може становити певну небезпеку під час роботи, але його не можна запускати, коли установка нерухома, а оператор знаходиться на безпечній відстані під час роботи. Ріжуча кромка леза має конструктивну товщину 0,5 мм, і зріз виходить поганим. Тому вимоги в основному відносяться до культиватора.

По-перше, вам потрібно чітко слідувати інструкціям виробника.

Мотоблоки широко продаються в роздрібних мережах, і нікому не потрібні права на управління ними.

5.2. Вимоги до охорони праці та техніки безпеки перед введенням машини в експлуатацію.

Мотоблок, незважаючи на простоту своєї конструкції, має істотну відмінність від тракторів і мінітракторів. Тому перед початком робіт необхідно уважно ознайомитися із заводською інструкцією по експлуатації. Перед введенням в експлуатацію видаліть антисептичну мастило, ретельно перевірте надійність кріплення всіх вузлів і агрегатів, цілісність машини. Вібромішалки так як пружина вібромішалки стискається зі значним зусиллям. Перед першим запуском вам потрібно переконатися, що ви не натискаєте на ручку зчеплення занадто різко і не робите цього під час

запуску. Запустіть автомобіль в режимі холостого ходу протягом 30-40 хвилин і перевірте витрату палива. Якщо вартість не відповідає паспортним даним, припиніть роботу і зверніться в гарантійну службу.

5.3. Аналіз потенційних небезпек при експлуатації агрегату

При роботі в полі, перед виконанням переворотів або розворотів, необхідно викопати робочі органи.

Не можна знімати зчеплення і знижувати швидкість під час руху.

Забороняється повертати ручку управління мотоблоком при запуску двигуна і при русі на високій швидкості.

Не передавайте управління пристроєм стороннім особам, особливо дітям. Під час роботи не дозволяйте нікому перебувати перед пристроєм.

Забороняється виконувати будь-які ремонтні або регулювальні роботи під час роботи або руху машини. Всі технічні регулювання і роботи з технічного обслуговування необхідно виконувати після повної зупинки машини і при вимкненому двигуні трактора.

Не торкайтеся рухомих частин машини.

Після зупинки завжди ставте важіль перемикання передач в нейтральне положення і вимкніть вал відбору потужності, якщо він використовується.

Оператор машини повинен стежити за рухомими частинами, щоб у разі необхідності зупинити пристрій синхронізації.

Тримайте людей і транспортні засоби подалі від зон, де обертається машина.

Не залишайте інструменти або сторонні предмети на капоті після проведення ремонтних робіт у полі. Вмикайте фари і працюйте після заходу сонця.

При розміщенні агрегату на тимчасове зберігання очистіть його від пилу і рослинних залишків. Корпус розпушувача слід прикріпити до дерев'яної підставки, а штангу помістити під опорне колесо. В цьому випадку

не ставте машину на бік, так як розпушувач може виступати за межі рами і пошкодити її загострений кінець. Перевірте надійність точок кріплення.

Висновки

1. Розроблений агрегат для обробки смужок в системі up to strips простий в експлуатації і не створює додаткового ризику. Якщо дотримуються вимоги інструкцій виробника мотоблока, то управління агрегатом є безпечним і нескладним.
2. Оператор може перебувати збоку від агрегату під час роботи або ходити по необроблених доріжках. Відстань між смугами становить 250 мм, і пересуватися по ним нескладно.

6. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ

Економічна вигода від використання розробленої машини досягається, коли вона використовується не одним власником, а групою, наприклад, садівничим кооперативом. Також передбачається, що машина експлуатується найманою працею.

Розрахунки проводили порівняно зі стандартним поличним плугом, агрегатованим із трактором Zilkha.

Таблиця 6.1. Вихідні дані до техніко-економічних розрахунків.

№	Показник	Розмірність	Технологічна машина	
			Серійна	Модернізована
1	Річний обсяг гоботи	га	1,8	1,8
2	Продуктивність	га/год	0,11	0,24
3	Витрати ПММ	кГ/га	5,64	4,56
4	Комплексна вартість ПММ	грн./кг	63,50	63,50
5	Вартісь: - Мотоблоку - культиватор - Розпушувач	Грн	 36200 11235 -	 36200 - 11050
6	Кількість обслуговую-чого персонала		1	1

Розрахунки виконано і подано в Додатку А, а результати - у Таблиці 6.2.

Таблиця 6.2

Економічна ефективність роботи

№	ПОКАЗНИКИ	Варіант	
		Базовий	Проект
1	Вид роботи	Обробіток грунту	
2	Об'єм роботи ,га	1,8	1,8
4	Продуктивність, га/год	0,11	0,24
5	Кількість нормо-годин у обсязі робіт	16,3	7,5
9	Тарифна ставка, грн/год	98,88	98,88
10	Норма витрати пального, кГ/га	5,64	4,56
11	Комплексна ціна ПММ, грн/кГ	63,50	63,50
12	Експлуатаційні витрати, грн/га у тому числі: а. Основна і додаткова заробітна плата б.Амортизаційні відрахування: в. Витрати на ПММ г.Витрати на ТО, ТР, зберігання,	7133,58 1483,2 212,77 358,14 5079,47	6105,79 679,8 96,5 289,56 5039,9
13	Капітальні вкладення, грн/га	26352,7	26249,9
14	Приведені затрати, грн/га На весь обсяг роботи, грн	11086,48 19955,66	10043,27 18077,88
15	Річний економічний ефект, грн		1877,78

Висновок

Згідно з розрахунками, модернізовані машини є ефективними і можуть бути рекомендовані до впровадження. Прогнозований річний економічний ефект становить 1877,78 грн для сезонного навантаження 1,8 га.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Технологія strip-till - це щадна система землеробства з мінімальним обробітком ґрунту, і, згідно з проведеним аналізом, її впровадження в Україні є перспективним.

1. Аналіз конструкцій ґрунтообробних машин для смугового обробітку ґрунту показує, що обладнання має деякі загальні принципи. У цих конструкціях використовуються диски різної форми та кута нахилу, крутери (опорні колеса з центральним фланцем), котки та долотоподібні ґрунтопоглиблювачі. Як правило, не використовуються стрілчасті лапи й активні робочі органи. Широке застосування дисків зумовлене тим, що їхній тяговий опір під час обертання значно нижчий, ніж у пасивних робочих органів.

2. ми пропонуємо агрегат, що складається з крокуючого трактора і рами, на якій змонтовані основні робочі органи. У процесі роботи диски прорізають шар ґрунту, розділяючи оброблені та необроблені смуги. Далі стрілчасті лапи на глибині 50-60 мм прочісують і підрізають кореневу систему бур'янів. Долотоподібний ґрунтопоглиблювач розпушує ґрунт на глибину 150-180 мм у середині смуги.

3. Автори запропонували оригінальну аналітичну модель взаємодії ґрунтопоглиблювача з ґрунтом. Розрахунки показують, що в ґрунтових умовах Дніпровського регіону можна отримати оптимальні значення амплітуди (10 - 20 мм) і частоти (8,78 с-1) для жорсткості пружних елементів віброзбуджувача в діапазоні 32 кН/м.

4. Отримані значення коефіцієнта структурності верхнього шару ґрунту на рівні 0 - 5 см становили Кст = 0,778 для весняного типу та Кст = 0,664 (для пасивного глибокого розпушувача) і Кст = 0,589 (для активного глибокого розпушувача) для осіннього типу. Ці значення самі по собі перебувають у

межах агрономічних норм. За осіннього обробітку ґрунту нижчий коефіцієнт структурності знижує можливість повітряної та водної ерозії.

5. Розроблений агрегат може агрегатуватися з рядним пішохідним трактором Zirka, при цьому двигун пішохідного трактора працює в режимі, близькому до номінального значення. Мотоблок з розробленим знаряддям забезпечує ширину захвату 250 мм.

6. Основні техніко-економічні показники розроблених агрегатів кращі, ніж у прототипу. Так, продуктивність становить 0,136 га/год проти 0,11 га/год. Витрати паливно-мастильних матеріалів становлять 4,56 кг/га проти 5,64 кг/га для машини-прототипу. Згідно з розрахунками, удосконалена машина є більш ефективною і може бути рекомендована до впровадження. Очікуваний річний економічний ефект становить 1877,78 грн при сезонному навантаженні 1,8 га.

ЛІТЕРАТУРА

1. Про державну підтримку сільського господарства України: Закон України // Відомості Верховної Ради. – 2004. – № 49. – Ст. 527.
2. ДСТУ 4362:2004. Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів. – К.: Держспоживстандарт України, 2006. – 19 с.
3. ГОСТ 12536–79. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава. – М.: Изд-во стандартов, 1979. – 24 с.
4. ДСТУ ISO 11272–2001. Якість ґрунту. Визначення щільності складання на суху масу. – К.: Держспоживстандарт України, 2001. – 12 с.
5. Волик Б.А. Методика визначення конструктивних параметрів V-подібного розпушувача для основного обробітку ґрунту / Б.А.Волик // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин / Загальнодержавний міжвідомчий науково-техн. збірник. Випуск 28. – Кіровоград: КДТУ, 1999. – С.190-194.
6. Євтушенко В. Strip-till в Україні на прикладі СТОВ «Дружба-Нова» / В. Євтушенко. - // The Ukrainian Farmer. - К. : ТОВ "АГП Медіа", 2012. - № 9. - С. 99-100
7. Шевченко І.А. Обґрунтування технологій та технічних засобів для обробітку ґрунтів на базі їх агрофізичних показників: Дис… докт. техн. наук: 05.05.11. – Мелітополь, 2003. – 403 с.
8. Жолобецький Г. Тернистий шлях "стрип-тіллу" / Г. Жолобецький. - // Пропозиція : укр. журн. з питань агробізнесу. - 2013. - N 11. - С. 58-60
9. Вознюк С.Т. та ін. Перезволожені ґрунти та їх меліорація. – К.: Урожай, 1984. – 104 с.
10. Булгаков В.М., Шелудченко Б.А. Самоорганізація ґрунтових структур. – К.: Видавництво НАУ, 1998. – 58 с.
11. Шелудченко Б.А. Агромеханіка ґрунтів. – Житомир: Полісся, 1992. – 249 с.

12. Кобець А.С. Ґрунтообробні машини: теорія, конструкція, розрахунок: монографія / А.С.Кобець, Б.А.Волик, А.М.Пугач.- Дніпропетровськ: Видавництво «Свідлер А.Л.», 2011. – 140 с.

13. Розробка ресурсоощадних зональних технологій та технічних засобів обробітку ґрунту, які забезпечують збереження та відтворення його родючості з впровадженням методики створення ґрунтообробних машин: Звіт по НДР / МІМСГ; № ГР 0193ТО07415; Інв. № 0296ТО01681. – Мелітополь, 1995. – 128 с.

14. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: навч. Посібник / [Кобець А.С., Іщенко Т.Д., Волик Б.А., Демидов О.А.]. – Дніпропетровськ : РВВ ДДАУ, 2009. – 84 с.

15. Czyz E.A., Dexter A.R., Niedzwiecki J. Wplyw zawartosci ilu koloidalnego i substancji organicznej oraz gestosci objetosciowej na przewodnosc hydrauliczna nasycona i nienasycona warstwy ornej gleb // IBMER. – Warszawa, 2002. – S. 101-109.

16. Nawozenie mineralne rowlin uprawnych / Z. Ciecko, W. Cwojdzinski, R. Czuba, E. Gorlach, W. Grzebisz, A. Grzeskowiak, E. Kaminski / Pod redakcja R. Czuby. – Szczecin: Police, 1996. – 413 s.

17. Kubiak J. Aplikacja nawozow o spowolnionym dzialaniu przy mikoryzacji w szkolkarstwie ozdobnym // Polska akademia nauk. – Warszawa, 2006. – S. 77-87.

18. Ґрунтообробне знаряддя: Патент № 2277 А. Україна // Фостік Є.В., Шевченко І.А., Антонов Є.Є., Кушнарьов А.С. – 17.02.1998. Бюл. № 8. – 4 с. іл.

19. Сільськогосподарські та меліоративні машини : підручник / [Войтюк Д.Г., Дубровін В.О., Іщенко Т.Д. та ін.] – К.: Вища освіта, 2004.- 544с.

20. Ґрунтовий сепаратор: Патент № 41108 А. Україна // Шевченко І.А., Крижачківський Р.М., Трачов В.В. – 15.08.2001. Бюл. № 7. – 4 с.

21. Волик Б.А., Теслюк Г.В., Коновий А.В. Формування конструктивних параметрів ґрунтообробних машин методами моделювання технологічного процесу. Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного

університету імені Дмитра Моторного, 2020. Том 1. Випуск 10, ст..109-119. DOI: 10.31388/2220-8674-2020-1-11

22. Михайлов Є. В., Волик Б. А., Теслюк Г. В., Лепеть Е. І. Аналітичне обґрунтування методики експериментальних досліджень взаємодії з ґрунтом ґрунтообробних знарядь. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету: Наукове фахове видання. – Мелітополь: ТДАТУ, 26. 10. 2021. – Вип. 21, т. 2. DOI: 10.31388/2078-0877-2021-21-2-21-27 с. 21-26.

23. Законах України «Про охорону праці». Документ 2694-XII, чинний, поточна редакція — Редакція від 16.10.2020, підстава - 124-IX URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text

24. Лінник М.К., Левчук М.С. Перспективи розвитку ресурсозберігаючої техніки для обробітку ґрунту і сівби // Механізація та електрифікація с. г.: Зб. наук. пр. – Вип. 83. – Глеваха, 2000. – С. 95-97.

ДОДАТКИ