

ДНПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра експлуатації машинно-тракторного парку

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломного проекту

ступеня вищої освіти «Бакалавр» на тему:

**Ефективність використання сільськогосподарської техніки та розробка
операційної технології основного обробітку ґрунту при вирощуванні
пшениці озимої**

Виконав: студент 4 курсу, групи Мз-1-18 за
спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Музика Євген Олександрович

Керівник: _____ Макаренко Дмитро Олександрович

Рецензент: _____

Дніпро – 2023

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра експлуатації машинно-тракторного парку

Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

ЕМТП

(назва кафедри)

ДОЦЕНТ

(вчене звання)

Деркач О.Д.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« ____ » _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ

Музиці Євгену Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Ефективність використання сільськогосподарської техніки та розробка операційної технології основного обробітку ґрунту при вирощуванні пшениці озимої

керівник роботи Макаренко Дмитро Олександрович, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від

«05» травня 2023 року № 820

2. Строк подання студентом роботи 12.05.2023 р.

3. Вихідні дані до проєкту Огляд стану питання за темою роботи.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). 1. Аналіз господарської діяльності підприємства 2. Агро-технічні вимоги до процесу фрезерування. 3. Огляд існуючих конструкцій. 4. Опис розробленої конструкції. 5. Технологія використання модернізованої машини. 6. Обґрунтування конструктивних параметрів. 7. Розрахунок режимів роботи агрегату. 8. Експлуатаційні розрахунки. 9. Охорона праці та захист навколишнього середовища. 10. Техніко-економічні показники проєкту. Висновки та пропозиції. Бібліографічний список.

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

1. Характеристика виробничої діяльності господарства. 2. Огляд існуючих конструкцій робочих органів ґрунтообробних фрез. 3. Огляд розробленої конструкції. 4. Барабан. 5. Г-подібний ніж. 6. Прямий ніж. 7. План механізованих робіт. 8. Економічні показники.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
4	Макаренко Д.О., доцент		
нормоконтроль	Макаренко Д.О., доцент		

7. Дата видачі завдання: 12.02.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)		
2	Технологічний		
3	Конструкційний		
4	Охорона праці		
5	Економічний		
6	Графічна частина		

Студент

_____ (підпис)

Музика Є.О.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Макаренко Д.О.

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Даний дипломний проект присвячено удосконаленню механізації основного обробітку ґрунту з розробкою конструкції фрези для використання в умовах базового господарства.

Виконано огляд існуючих конструкцій ґрунтообробних фрез і методів їх проектування та вибране технічне рішення, що зробить процес поверхневого обробітку ґрунту менш енергомістким, а розпушення більш якісним.

Проаналізовано переваги даної конструкції, у тому числі обчислені якісні показники розпушення ґрунту, та розраховані режими роботи агрегату. Розроблена конструкторська документація, виконані технологічні розрахунки і розрахунки на міцність.

Виконано аналіз умов праці і техніки безпеки.

Проведено техніко-економічні обґрунтування проекту.

Ключові слова: основний обробіток ґрунту, технологічний процес, робочий орган, фрезбарабан.

ЗМІСТ

Анотація.....	5
Вступ.....	7
1. Аналіз господарської діяльності і обґрунтування теми проекту.....	8
2. Агротехнічні вимоги до процесу фрезерування.....	15
3. Огляд існуючих конструкцій.....	17
4. Опис розробленої конструкції.....	33
5. Технологія використання модернізованої машини.....	36
6. Обґрунтування конструктивних параметрів.....	38
7. Розрахунок режимів роботи агрегату.....	41
8. Розрахунок експлуатаційних показників роботи агрегату.....	46
9. Охорона праці та захист навколишнього середовища.....	50
10. Техніко-економічні показники проекту.....	52
Загальні висновки.....	58
Список використаних джерел.....	60
Додатки.....	62

ВСТУП

Операції з основного обробітку ґрунту мають на меті розпушення верхнього шару на глибину 18 см і більше. До таких належить: глибока культивуація, оранка, глибоке розпушення ґрунту, та різноманітні ґрунтообробні фрези.

Після вирощування попередника на поверхні поля залишається велика кількість пожнивних решток які повністю в ґрунт не зароблюються, наприклад при оранці.

Тому **метою** дипломного проекту для виконання операцій з основного обробітку ґрунту було прийняте рішення з удосконалення конструкції фрези.

Задачею проекту є огляд існуючих конструкцій робочих органів ґрунтообробних фрез, та покращення процесу підрізання та кришення шару ґрунту.

РОЗДІЛ 1. Аналіз господарської діяльності і обґрунтування теми проекту

Місце розташування підприємства

ПСП АФ «Перше Травня» знаходиться в Дніпропетровській області, Томаківського району, смт. Томаківка, по вулиці Матросова, 3.

Знаходиться до автошляху Дніпропетровськ – Нікополь 18 км. Відстань до найближчої залізниці 4 км. До обласного центру міста Дніпро 100 км, до найближчого міста Нікополь – 40 км.

Землекористування та структура посівних площ

Структура сівозмін виконана на основі науково-обґрунтованих сівозмін. Це і забезпечує план з виробництва продукції.

Технології вирощування та збирання сільськогосподарських культур відбувається відповідно до останніх розробок.

Прогресивна технологія передбачає способи і послідовність операцій, перелік технічних засобів, режими їх робіт, контроль якості роботи, технологічні карти вирощування с.-г. культур, необхідне для раціональної організації виробництва обладнання. Також необхідно розрахувати оптимально потрібну кількість машин, скласти графік роботи, визначити економічні показники і т. ін.

В таблиці 1.1 представлена структура посівних площ господарства.

Таблиця 1.1 – Структура посівних площ господарства

Назва культури	2020 р.		2021 р.		2022 р.	
	га	%	га	%	га	%
Зернові всього:	4750	58	4827	57,3	4294	52,9
Озима пшениця	3148	38,4	3031	36,0	2589	31,9
Кукурудза на зерно	400	5,0	300	3,6	403	5,0
Ячмінь озимий	300	4,0	534	6,3	1060	13,1
Ячмінь ярий	612	7,5	667	8,0	74	0,9
Овес	30	0,4	133	1,6	75	0,9
Просо	260	3,2	162	2,0	93	1,1
Соняшник	2740	33,4	2437	29,0	2946	36,3
Ріпак	600	7,3	1059	12,6	778	9,6
Кормові баштанні	110	0,8	100	0,9	100	1,2
Всього посівів:	8200	100	8423	100	8118	100

Аналіз результатів господарської діяльності підприємства

У володінні підприємства є і тваринницька ферма тому дані з виробництва представлені в таблицях 1.2 та 1.3

Таблиця 1.2 – Урожайність культур, ц/га

Культура	Площа	Урожайність,ц/га
Пшениця	2598	30,56
Кукурудза	404	39,0
Горох	-	-
Соняшник	2964	17,5
Ячмінь	1143	25,9
Ріпак	787	15,9

Таблиця 1.3 – Показники виробничої діяльності продукції тваринництва за 2022 рік

Показник	Значення
Молоко, ц	2472
Чисельність ВРХ, гол	239
Кількість лактаційних корів, гол	100
Свині, гол	4245
Приріст маси свиней г./доб	568
Приріст маси ВРХ, г./доб	639

Оснащеність господарства енергетичними засобами

Таблиця 1.4 – Склад машино-тракторного парку в ПСП АФ «Перше Травня»

Назва техніки	Кількість, шт.
Автомобілі:	50
КАМаз-5511(5520, 55102, 5511)	12
ГАЗ-52 (бортовий)	2
ГАЗ-52 (заправник)	2
ГАЗель ГАЗ-3302	3
(автокран) ЗиЛ-130	1
МАЗ-5334 (5549)	1
САЗ-3507	4
Комбайни:	6
Джон-Дір	4
ДОН-1500	2
Трактори:	57
Джон-Дір 8520	1

Продовження таблиці 1.4

New Holland T8040	1
ДТ-75	1
К-701	2
К-700	2
КІЙ-14102	3
МТЗ-80	9
Т-150К	7
ХТЗ-150К-09	3
МТЗ-82	1
КГ-2УМ	1
Беларус 82.1	2
МТЗ-50	2
Т-150	4
ЮМЗ-6Л	6

Забезпеченість підприємства сільськогосподарською технікою

Таблиця 1.5 – Кількісний склад, по маркам, сільськогосподарської техніки підприємства

Назва с/г техніки	Марка с/г техніки	Кількість, шт
Плуги:	ПЛП-4-35	10
	ПЛН-5-35	13
	ПЛ-40	4
	ППЛ-10-25	2
Борони:	БЗСС-1.0	10
	БДТ-3	8
	БЗТС-1.0	6
Культиватори:	КРН-5.4	9
	КПС-4	17
	УСМК-5.4	6
Котки:	КЗК-1	13
	ЗКВГ-1.4	18
	ЗКК-6А	6

Продовження таблиці 1.5

Сівалки:	СКПП-12	5
	СЗ-3.6	9
	СЗ-5.4	10
	СУПН-8А	8
	ССТ-12Б	5
Луцильники:	ЛДГ-10	3
	БДТ-7	5
Глибкорозпушувачі:	ПРМ-3-3	2
	ГР-2,5	1
Ґрунтообробні фрези:	ФП-2	1
	ФНБ-2	1
	ФС-0,7	1

Урожайність основних с/г культур підприємства

Таблиця 1.6 – Урожайність сільськогосподарських культур по роках, ц/га

Назва культури	2008 р.	2009 р.	2010 р.
Озима пшениця	39,95	27,22	27,38
Кукурудза на зерно	24,32	35,95	38,09
Озимий ячмінь	33,76	33,89	22,48
Ячмінь ярий	25,07	21,00	17,51
Овес	32,57	14,26	7,70
Просо	22,91	13,18	33,30
Соняшник	14,30	13,74	15,13
Озимий ріпак	12,08	14,12	14,86
Кормові баштанні	74,41	89,28	91,00

Ґрунтові умови господарства

Агроґрунтовий район де розташоване господарство характеризується недостатньою кількістю атмосферних опадів, а також розкиданим розподілом їх в різні періоди року, досить високим температурним режимом, особливо в найбільш критичні періоди росту і розвитку рослин присутня низька вологість повітря.

Атмосферні опади теплого періоду (травень...квітень) становлять близько 285 мм. і випадають переважно у вигляді злив. За інтенсивністю і короткочасністю заливають верхній шар ґрунту, значна частина води при цьому не проникає в ґрунт, а стікає в понижені елементи.

Сильні вітри і високі температури сприяють швидкому випаровуванню вологи.

Окрім опадів велике значення відіграє вологість повітря так як господарство знаходиться не далеко від Каховського водосховища. Взимку цей показник сягає 80...85%, влітку зменшується та не опускається нижче 40%. Вказані фактори негативно впливають на ріст та вегетативний розвиток культурних рослин.

Промерзання ґрунту не значні, але залежно від року можуть сягати відмітки у 100...150 см.

Відстань промерзання ґрунту від поверхні залежить в великій мірі від структури і насиченості його водою. Наприклад сухі і ущільнені ґрунти мають властивість промерзати на більшу глибину, і навпаки.

Також на глибину промерзання великий вплив має рельєф, висота над рівнем моря, зелені насадження, захист від холодних вітрів та ін. Як відомо на показник промерзання ґрунту значною мірою впливає сніговий покрив, а саме його «стійкість». Таким чином – чим більша товщина шару снігу під час морозів, тим менша глибина промерзання ґрунту.

Дивлячись на розу вітрів можемо говорити, що переважаючими є східні та південно-східні, а в літній період південно-східні. Подекуди вітер в даній місцевості може рухатись зі швидкістю 10...15м/с, а це в свою чергу значно впливає на сухість повітря, особливо в літній період.

Враховуючи географічне розташування підприємства тут часто виникають суховії. Вони ж призводять до вивітрювання значної кількості вологи, і як наслідок настає ґрунтова і атмосферна посуха.

Отже, клімат має як позитивні так і негативні сторони.

До позитивних відноситься: - великий безморозний період, значна кількість ясних і сонячних днів, а до негативних: - значне випаровування вологи з ґрунту, нерівномірний розподіл опадів, низька вологість повітря у весняно-літній період та досить сильні східні вітри.

Отже, в таких умовах, увесь комплекс агротехнічних заходів, в першу чергу, повинен бути спрямований на накопичення і збереження вологи в ґрунті з найбільш раціональним її використанням.

Обґрунтування теми проекту

Проведений аналіз, особливостей поверхневого обробітку ґрунту, засобів механізації для прийнятих в господарстві технологій, нами встановлено, що не зважаючи на значну номенклатуру техзасобів на сьогодні проблема основного обробітку ґрунту залишається актуальною.

Для рішення поставленої задачі мною в наступному розділі дипломного проекту буде проведений огляд патентний огляд існуючих конструкцій.

Висновки

Проаналізувавши господарську діяльність підприємства можемо сказати, що господарство має досить зручне географічне положення для закупки та ремонту наявної техніки та технічних рідин; достатню кількість техніки для обробки наявних у господарстві земельних угідь площею 8200 га.; займається виробництвом продукції рослинництва і тваринництва.

Нами прийнято рішення для ґрунтово-кліматичних умов господарства модернізувати фрезу ФБН-2.0.

РОЗДІЛ 2. Агротехнічні вимоги до процесу фрезерування

Обробіток ґрунту – є одним з найважливіших заходів агротехніки, що спрямований, в основному, на збільшення майбутнього і послідуєчих врожаїв культурних рослин.

Основним завданням механічного обробітку ґрунту є створення сприятливих умов для розвитку культурних рослин з метою одержання високих урожаїв. У результаті механічного обробітку ґрунт розпушується, знищуються бур'яни, шкідники та збудники хвороб, загортаються післяжнивні рештки, добрива, створюються умови для накопичення вологи.

Проектом пропонується удосконалення конструкції фрези ФБН-2 для основного обробітку ґрунту. У конструкції фреза має активні робочі органи, ножі, які можуть рухатись по поверхні, тобто лінійне переміщення трактора відповідає лінійному переміщенню ножа фрези, або обертатись дещо чи значно більшою швидкістю. У такому випадку це вже активні робочі органи. Така агротехнічна операція називається – фрезерування. Фізичний процес полягає у послідовному у вертикальній площині відрізанні шару ґрунту певної товщини, його кришення, перемішування і розпушення. Таку операцію часто використовують при вирощуванні овочевих культур, наприклад, при вирощуванні капусти, коли на поверхні поля залишається багато відходів рослинного походження та є нагальна потреба у їх зарубці у ґрунт.

Такий обробіток ґрунту має позитивний вплив на агрофізичні і механічні властивості ґрунтів, а також значно покращує його вологий та повітряний режим. Змішування поверхневого шару ґрунту в подальшому покращує біологічну активність середовища та як наслідок урожайність сільськогосподарських культур.

Основне завдання розпушування і кришення ґрунту при фрезеруванні полягає в забезпеченні нещільного розташування частинок ґрунту в оброблюваному шарі з одночасним збільшенням пористості, особливо –

некапілярної, посилення капілярності, і як наслідок його водопроникності, руйнування кірки на поверхні ґрунту, подрібнення брил, якщо такі є, до дрібно грудкуватого фізичного стану.

З вище сказаного найефективнішим для цього є фрези.

Крім кришення, подрібнення, утворення однорідного орного шару ґрунту на поверхні поля фрезеруванням також передбачається і рівномірний розподіл післяжнивних решток, гіпсу тощо.

У такий спосіб обробітку ґрунту досягається однорідність орного шару яка необхідна для забезпечення рівномірного розвитку культурних рослин і як наслідок їх рівномірність дозрівання.

До фрезерування ставляться наступні агротехнічні вимоги:

- відхилення по глибині не більше 1 см;
- рівномірне розпушення ґрунту;
- рівномірність глибини ходу;
- верхній посівний шар ґрунту після проходу фрези повинен мати дрібну структуру ґрунту;
- висота гребенів після проходу фрези не повинна перевищувати 3...4 см;
- повне підрізання бур'янів;
- якість обробки досягається за умови абсолютної вологості повітря 30...50%;
- вся поверхня поля має бути оброблена – без пропусків.

Фрезерування заміщує собою такі агротехнічні операції як: культивация, боронування, розпушення та ін.

РОЗДІЛ 3. Огляд існуючих конструкцій

Огляд літературних джерел по засобах механізації ґрунтообробних фрез

Фрезерування ґрунту полягає в послідовному відрізання ґрунтової стружки і відкиданні її за рахунок руху робочих органів - обертального щодо осі фрези і поступального щодо поверхні ґрунту. Воно характеризується постійною глибиною, меншою наявністю гребенів, більшою рихлістю обробленого шару на всій його глибині в порівнянні з оранкою плугом.

Фрези у порівнянні з іншими машинами для передпосівного обробітку ґрунту відрізняються тим, що мають активні робочі органи і тим самим значно розширюють можливості обробітку ґрунту.

Робочим органом фрези є барабан. на ньому послідовно, різним чином, закріплені пластини – ножі. Барабан здебільшого розташований впоперек руху трактора, або під деяким кутом. При поступальному переміщенні барабана, ножі на певну відстань заглиблюються в ґрунт і відрізають від основного шару частинки, структура і форма яких залежить від форми ножа та його кінематичних і динамічних показників при роботі. Здебільшого розмір частинок становить від 1 см до 5 см.

Рух ножів відносно ґрунту складається із поступального руху фрези разом з трактором і обертового руху ножів разом з барабаном відносно його осі (рис. 3.1) і проходить за складною траєкторією. Заглиблюючись у ґрунт, кожний ніж відокремлює стружку – деякий об'єм ґрунту (заштрихований на рисунку), що знаходиться між траєкторіями двох послідовних, один за одним, ножів.

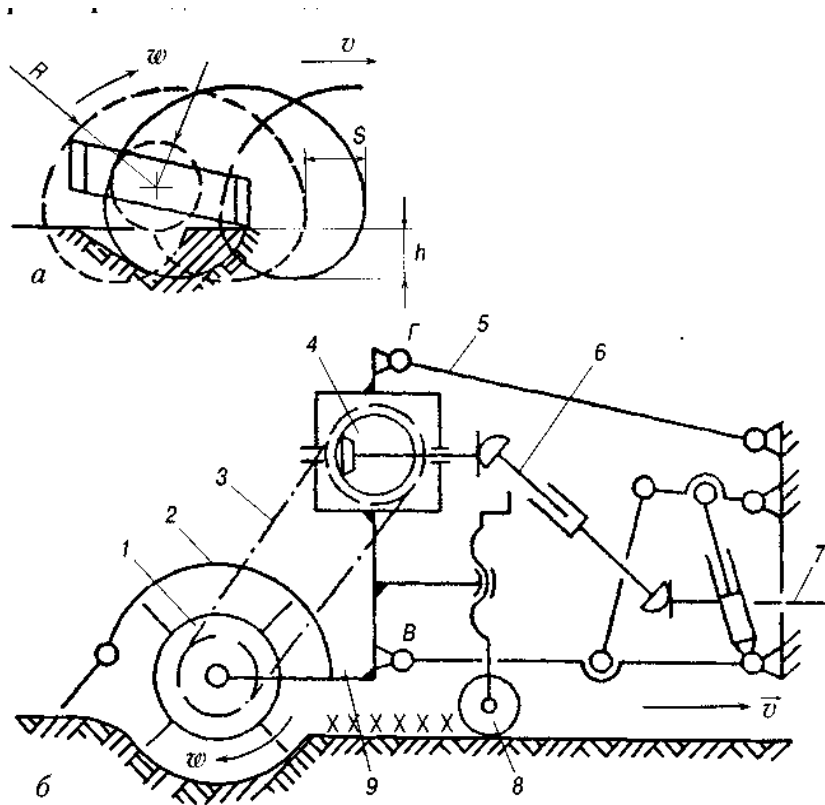


Рисунок 3.1 – Ґрунтова фреза:

a – взаємодія ножів, що обертаються, і ґрунту; *R* – радіус барабана; *h* – глибина обробітку; *S* – товщина стружки; *б* – схема: 1 – барабан з ножами; 2 – кожух; 3 – ланцюгова передача; 4 – конічний редуктор; 5 – верхня тяга; 6 – карданний вал; 7 – вал відбору потужності; 8 – опорне колесо; 9 – рама.

Відірвані частинки ґрунту відкидаються відцентровою силою на кожух барабана і падають донизу. Ґрунт при цьому на всю глибину добре розпушується і перемішується, а поверхня його залишається вирівняною. Фрезерування забезпечує краще розпушення ґрунту порівняно з оранкою і сприяє розкладанню органічної маси.

Агротехнічна операція як фрезерування ґрунту значною мірою підвищує ефективність застосування органічних та мінеральних добрив. Якщо брати до уваги роки коли в ґрунті на час фрезерування присутня

достатня кількість вологи – це значно підвищує урожайність та обробіток ґрунту як такий.

Щоб фрезеруванням забезпечити відповідне подрібнення ґрунту, ґрунтообробні фрези мають працювати на режимах близьких до «буксування». При такому співвідношенні швидкість руху v і кутова швидкість обертання ω мають задовольняти умову, при якій:

$$v \leq \omega (P - h) \quad (3.1)$$

де: v – швидкість поступального руху трактора, км/год;

ω – кутова швидкість обертання барабана, c^{-1} ;

P – товщина стружки, см;

h – глибина обробітку, см.

Оскільки частота обертання барабана становить 3-5 об/с, то режим буксування виконується при русі з невеликою швидкістю – до 5 км/год. Наведене співвідношення показує, що із збільшенням глибини обробітку для збереження режиму буксування і малої товщини стружки швидкість руху потрібно зменшувати. Велика лінійна швидкість ножів, обумовлена високою частотою обертання барабана, є причиною того, що стружка, яка вилітає з-під барабана, маючи великий запас кінетичної енергії і вдаряючись об захисний кожух, додатково подрібнюється. Таким чином, при відповідному виборі режиму обробітку фрезерний барабан забезпечує подрібнення і переміщення ґрунту.

За рахунок конструктивних особливостей та завдяки активним робочим органам фрези об'єднують в собі декілька одночасно виконуваних операцій, а саме: розпушення ґрунту, перемішування органічних чи мінеральних речовин, у будь-якій кількості, та 100% знищення бур'янів. Також фрези більш ефективні на мінералізованих, задернілих або кам'янистих ґрунтах ніж плуги.

До недоліків ґрунтообробних фрез можна віднести наступні чинники: неякісне обертання ґрунту, значне розпилювання ґрунту, а це в свою чергу супроводжується руйнуванням його структури, малий ресурс різальних елементів, порівняно невелика лінійна швидкість руху агрегату, та значні, у порівнянні з орним агрегатом, затрати енергії.

Зазвичай навісні фрези виробники виконують за єдиною схемою (рис.3.1, б). Фрезерний барабан встановлений на підшипники, або підшипникові опори, які знаходяться на рамі. Рама з'єднана шарнірно з навіскою трактора, та навішена за три точковою схемою. Щодо регулювань глибини обробітку то за це відповідає опорне колесо фрези. В транспортне положення фреза переводиться за рахунок гідравлічної навіски трактора. Привід робочих органів, барабана, фрези відбувається за рахунок приводу в обертальний рух ВВП трактора.

На ґрунтах з рослинними рештками краще працюють Г-подібні ножі. Подібно одностороннім бритвам культиватора вони відрізують корені, знищують бур`яни.

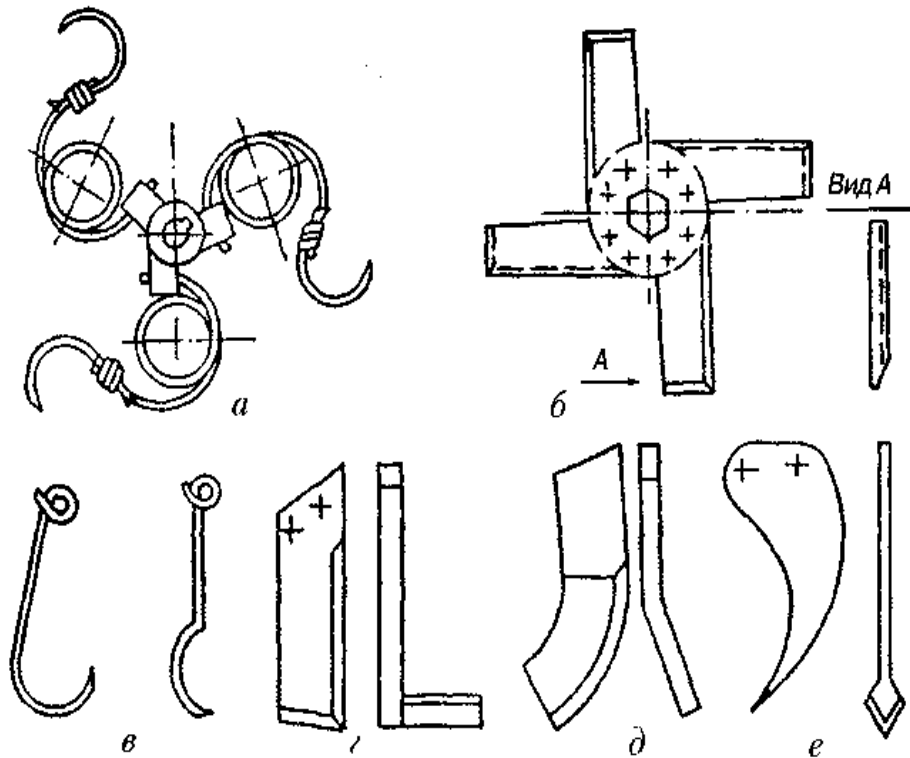


Рисунок 3.2 – Робочі органи фрез:

a – пружинне кріплення робочих частина; *б* – жорстке кріплення робочих частин; *в* – гачки; *г* – Г-подібний ніж; *д* – ніж з траєкторією; *е* – долото для розпушення.

Конструкція фрези має забезпечити швидку та зручну заміну пошкоджених робочих органів барабана. Так, для подрібнення шару ґрунту після виконання глибокої оранки задернілих ґрунтів на відповідну глибину використовують прямі ножі (рис. 3.2, б).

Для обробітки заболочених чи торф'янистих ґрунтів, тобто там де вміст вологи в ґрунті перевищує 22%, краще використовувати гнуті ножі. При цьому чим більший згин ножа тим більш інтенсивно проходить розпушення і перемішування ґрунту.

«Фреза для суцільного обробітку ФПШ-200. Фреза зі змінною шириною захвату призначена для обробітку ґрунту і знищення бур'янів у міжряддях садів і ягідників, а також під овочеві культури. Агрегатується з тракторами класу 1,4» [1].

«Основними вузлами фрези (рис. 3.3) є: рама, опорні колеса, начіпка, фрезерний барабан, кожух, стрілоподібні і розпушувальні лапи, карданний вал, запобіжна муфта, конічний і циліндричний редуктори.» [1].

«На рамі закріплені тримачі, що зв'язують її з начіпкою і призначені для винесення фрези вбік. Машина утримується штангою, що складається з двох сталевих труб, які входять одна в одну і прикріплені до несучого обладнання і рами. Максимальний винос машини від повздовжньої осі трактора вправо – 1,57 м, вліво – 1,35 м. Опорні колеса фрези змонтовані на середній рамі і використовуються для регулювання необхідної глибини обробітку ґрунту.» [1].

«Фрезерний барабан (ротор) складається із восьми ножових секцій, крайні з яких змінні. На кожній секції закріплено по шість Г-подібних ножів діаметром 550 мм. Залежно від ширини міжрядь змінюють ширину захвату фрези за рахунок зняття крайніх секцій рами барабана, кришок і бокових стрілоподібних лап, яка може бути 1,45; 1,78; 1,87 і 2,20 м (максимальна ширина захвату – 2,62 м.)» [1].

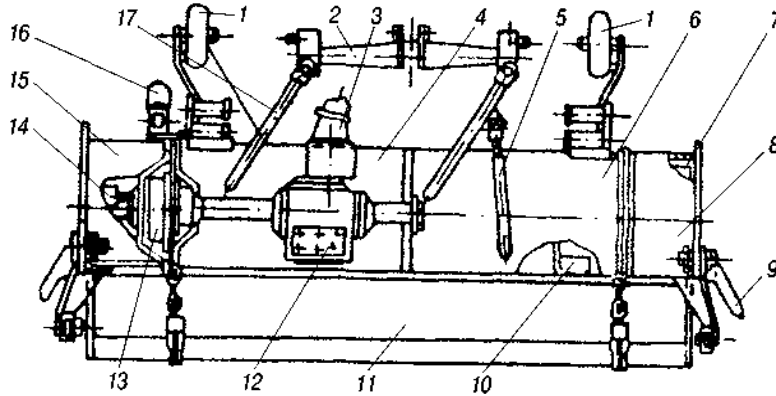


Рисунок 3.3 – Фреза садова ФПШ-200:

1 – колеса опорні; 2 – начіпка; 3 – карданний вал; 4 – кожух; 5 – штанга обмежувальна; 6 – рама середня; 7 – фрезерний барабан правий; 8 – рама права; 9 – лапа стрілоподібна; 10 – фрезерний барабан середній; 11 – кришка рухома; 12 – редуктор конічний; 13 – редуктор циліндричний; 14 – фрезерний барабан лівий; 15 – рама ліва; 16 – рама розпушувача; 17 – несуче обладнання.

«Карданний вал передає крутний момент від ВВП трактора через запобіжну муфту на конічний редуктор, що складається з корпусу, циліндричної та конічної передач, і забезпечує зміну напрямку і частоту обертання барабана фрези. Важелю перемикачів передач можна забезпечити частоту обертів вала барабана 190 і 235 об/хв.» [1].

«При русі агрегату ножі барабана зрізують стружку з подрібненими рослинними рештками і відкидають назад. Відкинутий ґрунт, вдаряючись об кожух, додатково подрібнюється. Розмір фракцій ґрунту залежить від швидкостей: поступальної (руху агрегату) і колової (барабана фрези) і від

кута нахилу рухомої кришки кожуха. Глибина обробітку ґрунту фрезою становить 6-12 см. Робоча швидкість – 3-6км/год, продуктивність – 4-0,9 га/год.» [1].

«Фреза «Бериватор» (Англія) (рис. 3.4). Вона облаштована обладнанням для загортання рослинних решток. Між кожухом 4 і ножами фрези розташована решітка 3. При роботі куски ґрунту захоплюються ножами у обертовий рух і відкидаються спочатку на решітку, а потім – на металевий кожух. Рослинні рештки затримуються решіткою 3 і падають на дно борозни. Грудки ґрунту проходять через решітку і подрібнюються. Задня частина кожуха вирівнює поверхню поля. Ширина захвату фрези – 1,5 м. Глибина обробітку – 10-20 см.» [2].

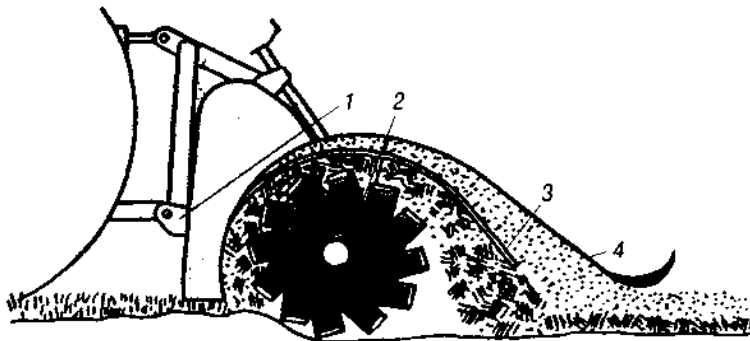


Рисунок 3.4 – Схема технологічного процесу роботи фрези «Бериватор» (Англія): 1 - рама з начіпкою; 2 – барабан фрезерний; 3 – решітка; 4 – кожух.

«Фреза ФБН-2 (рис.3.5) призначена для обробітку ґрунту при освоєнні осушених боліт і для догляду за луками і пасовищами. Робочі органи фрези – зігнуті ножі 2 (рис. 3.5,а) із загостреними різальними кромками. Ножі

закріплені на дисках 3. Декілька дисків, вільно змонтованих на валу 1, утворюють барабан. Барабан обертається від ВВП трактора. Диски 3 на валу 1 розташовуються на деякій відстані одне від одного, між ними ставлять фрикційні диски 4, скріплюючи їх з валом 1 шпонками. При зіткненні з твердим предметом (камінь, товстий корінь тощо) ножові диски пробуксовують, запобігаючи поломкам. Після подолання перешкоди диски знову обертаються. Вал барабана встановлюють на підшипниках. Барабан зверху закритий кожухом 8, до якого прикріплена грабельна решітка 9. Обертювий рух барабана передається від ВВП трактора карданним валом через редуктори 6 і 7.» [2].

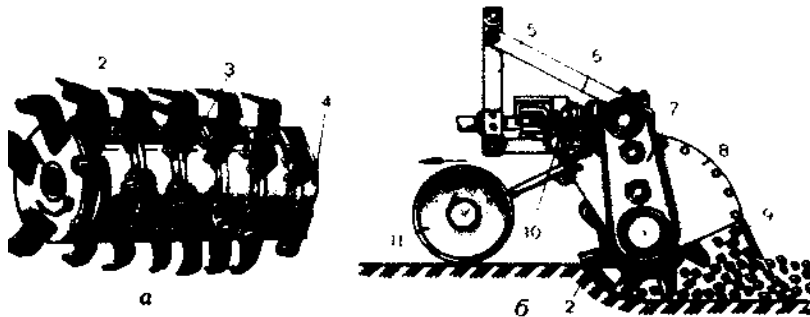


Рисунок 3.5 – Грунтообробна фреза ФБН-2:

a – робочий орган; *б* – загальний вигляд фрези; 1 – вал; 2 – ножі; 3 і 4 – диски; 5 – начіпка; 6 і 7 – редуктори; 8 – кожух; 9 – решітка; 10 – регулятор; 11 – колесо.

«Рама фрези в робочому положенні опирається на два колеса 11. Глибину обробітку регулюють гвинтовим механізмом регулятора 10. В

робочому положенні ножі фрези беруть участь одночасно в двох рухах: обертальному – разом з барабаном і поступальному – разом з машиною. Тому різальні кромки ножів відрізають клиноподібну стружку ґрунту. Розмір стружки залежить від співвідношення поступальної і колової швидкості ножів. Ножі відрізають стружку і відкидають її назад. Вдаряючись об грабельну решітку, ґрунт кришиться, куски дернини і рослинні рештки падають униз, а зверху на них укладаються дрібні грудочки ґрунту, що пройшли через решітку.» [2].

Роторна фреза EL-50 (KUHН) (рис. 3.6) призначена для суцільного обробітку ґрунту в міжряддях саду з метою знищення бур'янів і розпушування ґрунту, загортання добрив, вирівнювання поверхні ґрунту.

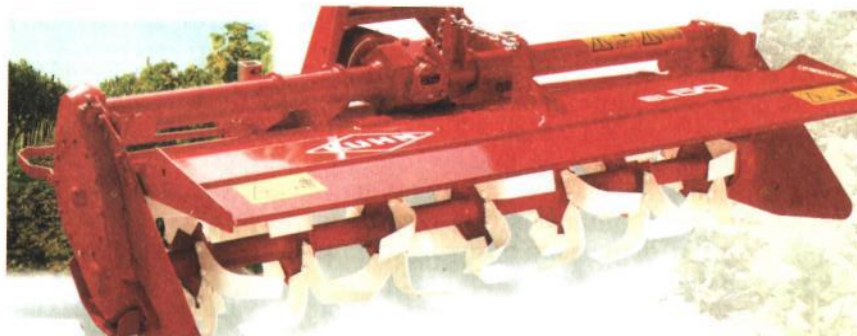


Рисунок 3.6 – Роторна фреза EL-50 (KUHН):

«Машина начіпна, на її рамі змонтований вал з Г-подібними загостреними право- і лівосторонніми ножами. Привід вала ножів

здійснюється від ВВП трактора. В передній частині машина опирається на два опорні колеса, положення яких можна змінювати відносно рами і, тим самим, змінювати глибину обробітку. Машини виготовляють із шириною захвату 92, 105, 117, 130, 155 і 180 см; частота обертів ВВП трактора 540 об/хв., вала ножів – 212 об/хв.» [2].

Огляд патентних джерел

Відоме авторське свідоцтво № 762765 (Рис 3.7). Метою винаходу є зниження енергоємності і підвищення якості роботи.

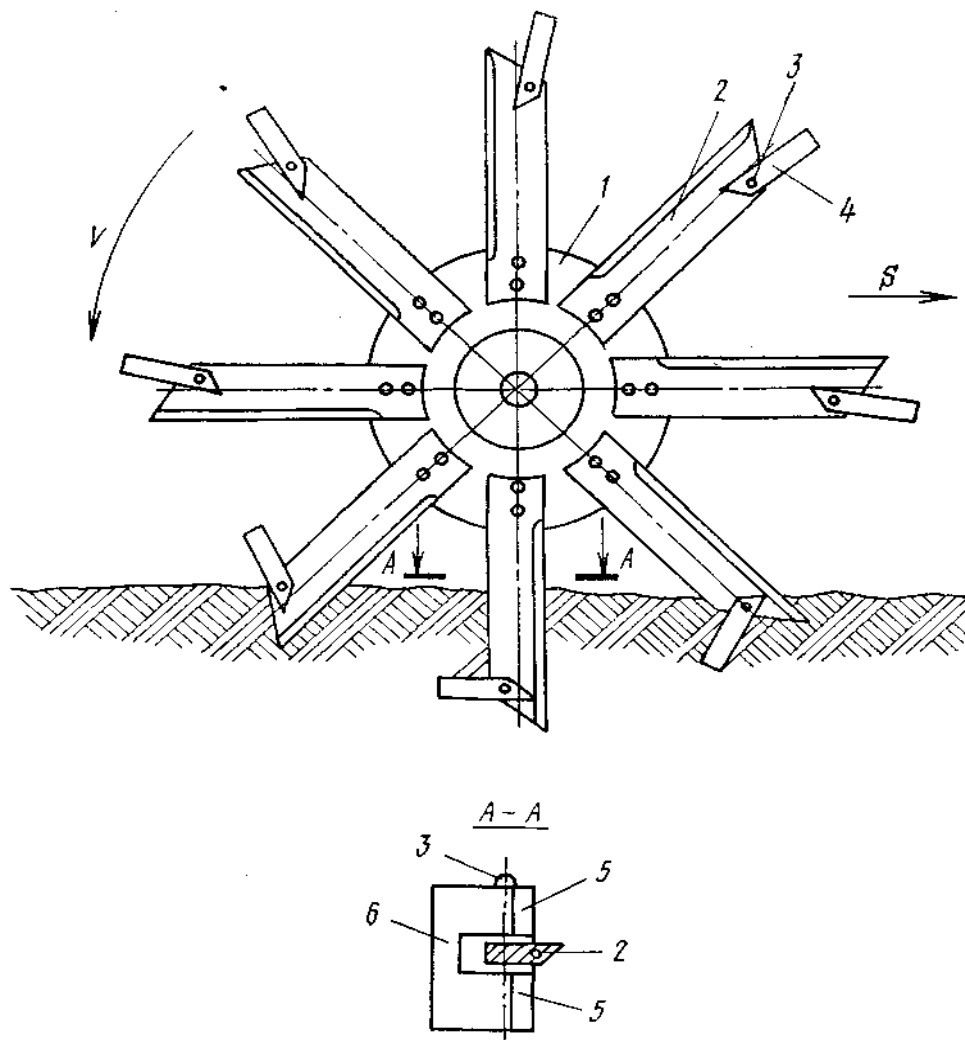


Рисунок 3.7 – Авторське свідоцтво № 762765

«Робочий орган ґрунтообробної фрези складається з диску 1 разом з ножовими стійками 2, на кожній з яких безпосередньо за допомогою шарніра 3 закріплена рихляча лапа 4, виконана у вигляді охоплюючої стійку 2 з обох сторін пластинчастих ножів 5, які зі зворотної сторони стійки 2 з'єднані між собою перемичкою 6. Працює наступним чином. При поступальному русі у напрямку S і обертанні в напрямку V рихляча лапа 4 у ґрунті за рахунок шарнірного кріплення на стійці 2 стає в положення, яке забезпечує найменший опір різанню. При виході з ґрунту рихляча лапа 4 під дією відцентрової сили провертається відносно стійки 2, що сприяє її самоочищенню від ґрунту і рослинних решток.» [3].

Відоме авторське свідоцтво № 562230 (рис. 3.8). Метою винаходу є покращення подрібнення ґрунту.

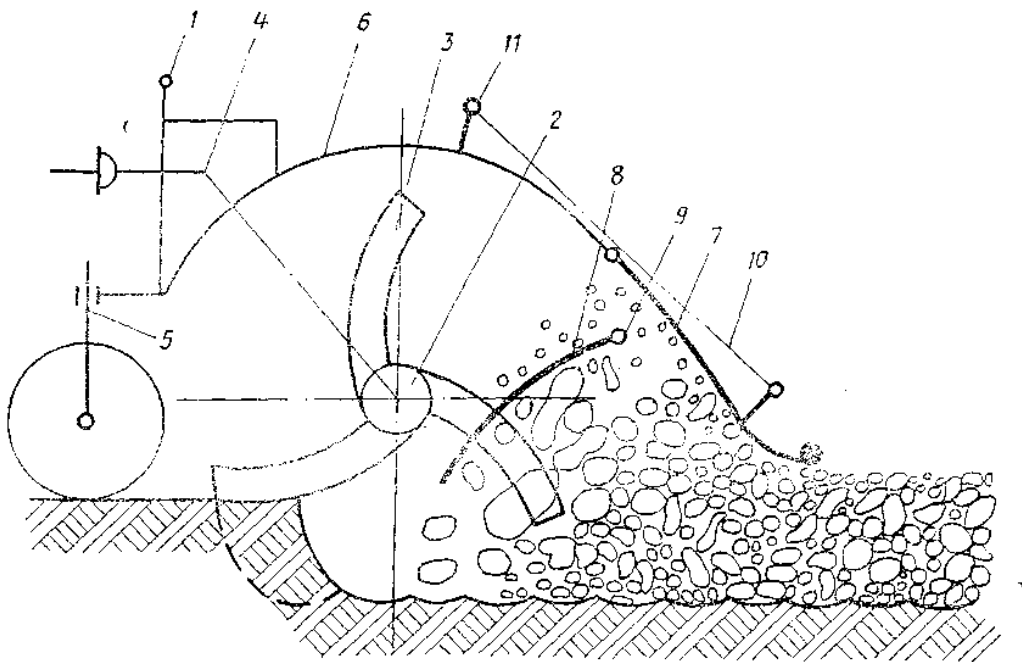


Рисунок 3.8 – Авторське свідоцтво № 562230

«ґрунтообробна фреза складається з рами з навіскою, фрезбаран 2 з ножами 3, привід 4, механізм глибини обробки 5. Фрезбаран 2 прикритий кожухом, який складається з двох шарнірно закріплених частин: нерухомої 6 і рухомої – вирівнювача 7. Нерухома частина 6 охоплює фрезбаран 2 зверху і спереду, а рухома 7 – ззаду. Під кожухом знаходиться подрібнювач

8, пластини якого входять в зазор між ножами 3 фрезбарабана 2. Вал 9 подрібнювача 8 закріплений шарнірно на рамі 1 фрези. Вирівнювач 7 може кріпитись в різних положеннях за допомогою гнучкої тяги 10 і проушини 11. Працює наступним чином. Ножі фрезбарабана 2, відрізаючи стружку ґрунту, відкидають його в бік знаходження подрібнювача 8 і вирівнювача 7. Для того щоб отримати м'яку структуру ґрунту з вирівняною поверхнею подрібнювач 8 і вирівнювач 7 вводяться в зону шару ґрунту, що обробляється. Відкинуті ножами 3 пластини ґрунту попадають на пластини подрібнювача 8. М'які фракції проходять через подрібнювач, а крупні частково руйнуються і направляються на повторне подрібнення ножами 3. Опущений вирівнювач 7 завершує подрібнення ґрунту, його ущільнення і вирівнювання, готуючи ґрунт до посіву за один прохід агрегату.» [3].

«Відоме авторське свідоцтво № 1218941 (рис. 3.9). Метою винаходу є підвищення продуктивності і якості обробки ґрунту. Машина має раму 1, трансмісію 2, фрезерний барабан 3 з тарільчатими ножами 4, що розташовані на зовнішній поверхні барабана 3, встановлених на торцях барабана плоскі ножі 5 криволінійної форми з односторонньою заточкою, відбійну плиту 6, з встановленим на ній протиріжучим ножем 7. При роботі машина опирається на опорні колеса 13. Перехід у транспортне положення здійснюється гідроциліндрами 14. Машина працює наступним чином. На початку робочого процесу від ВВП трактора через трансмісію 2 приводиться в обертний рух фрезерний барабан 3 за допомогою гідроциліндрів 14 підіймаються опорні колеса 13.» [3].

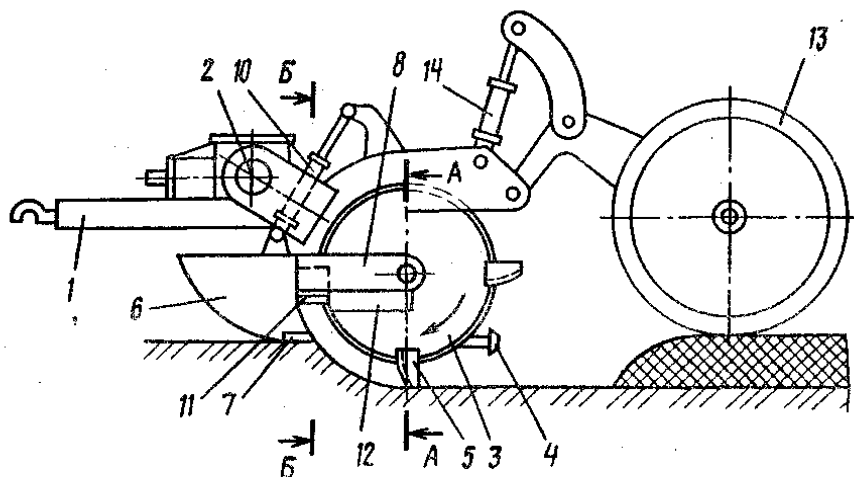


Рисунок 3.9 – Авторське свідоцтво № 1218941

Фрезерний барабан 3 ножами 4 і 5 подрібнює матеріал який обробляється. Овальна форма ножів 5 забезпечує різання з ковзанням, що знижує зусилля, яке необхідне на різання.

Відбивачі 12 запобігають попаданню ґрунту і дерев'янистих включень і забивання ними простору між поводками 8 і торцями барабана 3.

Відоме авторське свідоцтво № 1423007 (рис. 3.10). Мета винаходу зниження енергоємності обробітку при нарізанні щілин у ґрунті.

Робочий орган ґрунтообробної фрези має вал 1, на якому закріплений диск 2. На диску 2 по чергово жорстко закріплені праві 3 і ліві 4 Г-подібні ножі. Перед кожним Г-подібним ножем на диску закріплений прямий ніж 5, який має велику довжину, чим Г-подібний ніж. При такій конструкції прямий ніж 5 прорізає в ґрунті щілину, а слідуючий Г-подібний ніж вдаряє своїм кінцем по сформованому виступу ґрунту, відколюючи його і відкидаючи назад по щілині. Прямий ніж 5 перевищує по довжині Г-подібний (правий 3 і лівий 4) на величину δ , яка дорівнює:

$$\delta = 3,14D/\lambda Z \quad (3.2)$$

де: D – діаметр фрези, м;

λ – кінематичний параметр фрези;

Z – число ножів, шт.

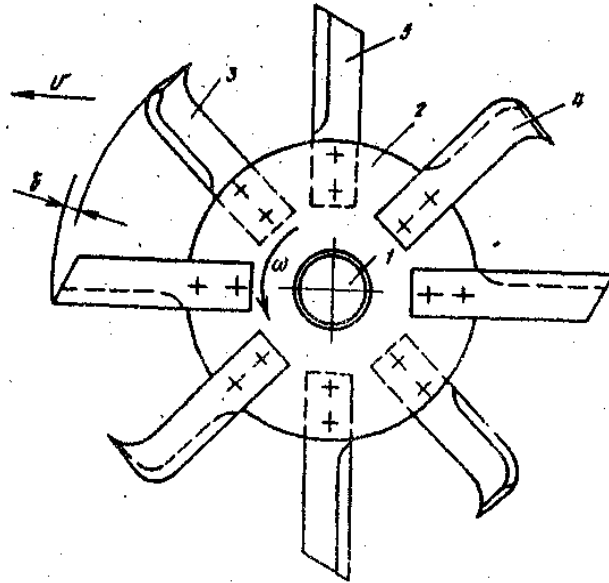


Рисунок 3.10 – Авторське свідоцтво № 1423007

Конструкція працює наступним чином. В процесі пареміщення ґрунтообробної фрези вал 1 з диском 2 приводиться в обертовий рух.

Оскільки прямий ніж 5 перевищує по довжині Г-подібний ніж, від попередньо прорізає в ґрунті вузьку канавку, видаляючи з торцьової стінки щілини внутрішні зв'язки ґрунту з монолітом. Наступний за ним Г-подібний правий ніж 3 вдаряє своїм відігнутим кінцем по сформованому виступу ґрунту 6, відколюючи його частину і відкидаючи назад по щілині. Аналогічно працює й інша пара ножів (прямий 5 і лівий 4).

Відоме авторське свідоцтво № 1160947 (рис. 3.11). Мета винаходу - зниження затрат часу на технологічне регулювання.

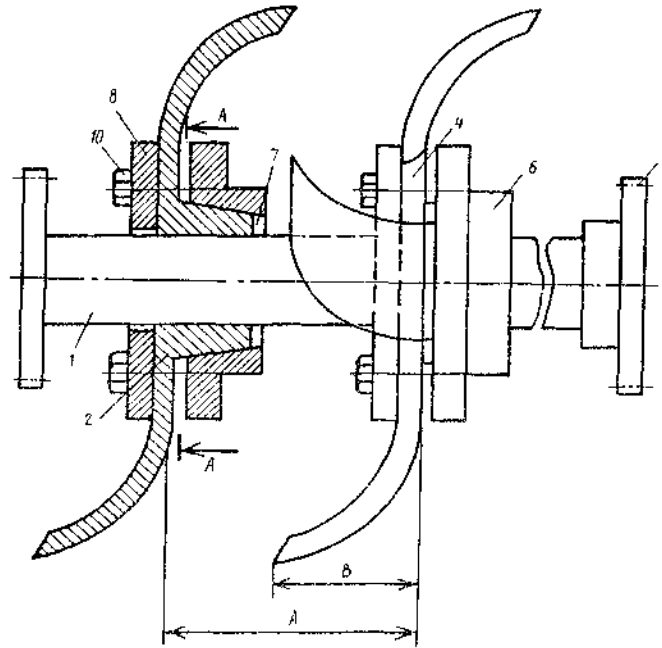


Рисунок 3.11 – Авторське свідоцтво № 1160947

Грунтообробна фреза має встановлені на багатогранному валу 1 робочі органи, які складаються із ступиці 2 і Г-подібних ножів 3 зі стійками 4. Ступиці 2 мають конічну форму і виконані з повздожніх частин 5 по числу ножів 3 робочого органу, при цьому кожна з частин 5 зєднана, наприклад, жорстко зі стійкою 4 одного з ножів 3. Кожна ступиця 2 встановлена на валу 1 за допомогою фланця 6, який має конічний отвір 7, в якому розміщені частини 5 ступиці 2. На фланцях 6 закріплені додаткові фланці 8. Число граней вала 1 відповідає числу ножів 3 робочого органу.

Конструкція працює наступним чином. В процесі пареміщення грунтообробної фрези вал 1 з ножами 4 приводиться в обертовий рух.

Висновки

На підставі проведеного огляду літературних та патентних джерел ми бачимо, що існує велика різноманітність грунтообробних фрез, а також нами прийнято рішення удосконалити конструкцію фрези для поверхневого обробітку ґрунту, взявши за основу авторське свідоцтво № 1423007.

РОЗДІЛ 4. Опис розробленої конструкції

Даним дипломним проектом для підприємства, пропонується модернізована конструкція ґрунтообробної фрези марки ФБН-2, а саме фрезерний барабан, що агрегатується з гусеничним трактором ХТЗ-150-05-09, взявши за основу авторське свідоцтво №1423007.

Робочий орган ґрунтообробної фрези, барабан, має вал 1, на якому закріплений диск 2. На диску по чергово закріплені правосторонні 3 і лівосторонні 4 Г-подібні ножі. При чому праві ножі закріплені на диску з одного боку, а ліві – з іншого. Перед кожним Г-подібним ножем на диску закріплений прямий ніж 5, який має більшу довжину у порівнянні з Г-подібним. З таким розташуванням робочих органів на фрезерному барабані, прямий ніж прорізає в ґрунті щілину, а Г-подібний ніж, що рухається за прямим, вдаряє своїм кінцем по сформованому виступу, відколюючи його частину і відкидаючи назад на грабельну решітку, де відрізаний від основної маси ґрунт, додатково подрібнюється.

Прямий ніж по довжині перевищує Г-подібний на величину δ , яка дорівнює:

$$\delta = \frac{3,14 * D}{\lambda * Z} \quad (4.1)$$

де: D – діаметр фрезерного барабана, м;
 λ – показник кінематичного режиму фрези;
 Z – число ножів, шт.

Кінематичний режим фрези розраховується за формулою:

$$\lambda = \frac{\omega * R}{V}, \quad (4.2)$$

де: ω – кутова швидкість фрез барабана. $\omega = 22,0 \text{ с}^{-1}$;

R – радіус фрез барабана по лезам ножів. $R = 0,36 \text{ м}$;

V – швидкість руху агрегату. $V = 2,0 \text{ м/с}$.

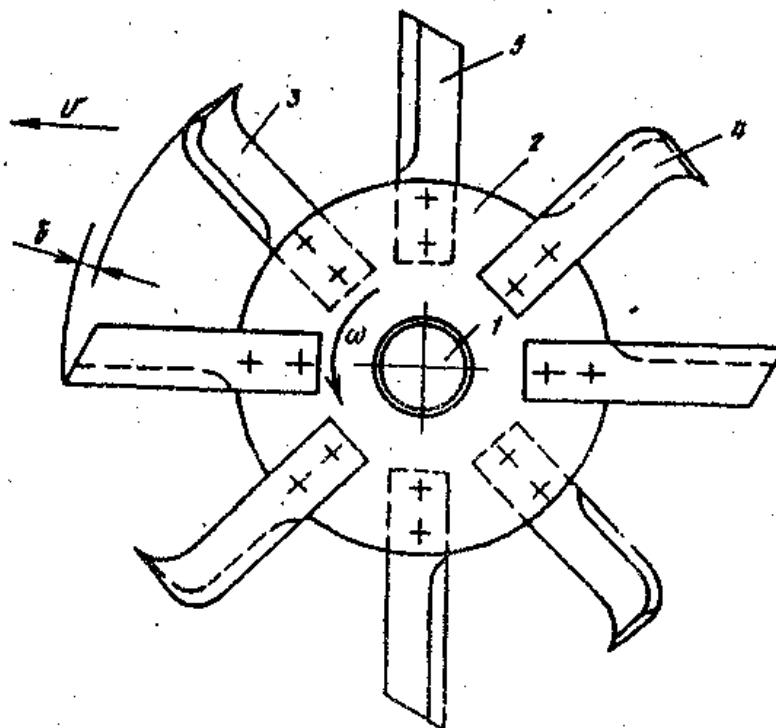


Рисунок 4.1 – Принципова схема диска фрезерного барабана з ножами
 1 – вал ротора фрезерного барабана; 2 – диск; 3 – Г-подібний ніж зігнутий на правий бік; 4 – Г-подібний ніж зігнутий на лівий бік; 5 – прямий ніж.

Знаючи всі складові, що входять у формулу 4.2 можемо визначити кінематичний режим фрези:

$$\lambda = \frac{22 \cdot 0,36}{2,0} = 3,96.$$

За формулою (4.1) визначаємо величину δ , тобто на скільки прямий ніж перевищує за довжиною Г-подібний, яка дорівнює:

$$\delta = \frac{3,14 \cdot 0,36}{3,96 \cdot 8} = 0,035 \text{ м.}$$

Мета винаходу – зниження витрат потужності поверхневого обробітку ґрунту при фрезеруванні.

Таким чином, прорізання в ґрунті щілини прямим ножем, який відрізує його частину від основної маси, досягається менша витрата енергії. Завдяки Г-подібним нолям, які розташовані на диску і зігнуті по обидва боки від

нього, дозволяє створити в ґрунті більшу кількість ліній сколу, чим поліпшується розпушеність ґрунту і його водопроникність, що згодом відобразиться на врожайності вирощеної на цьому полі культури.

Висновок

Запропонована конструкція фрезерного барабана дозволяє отримати більшу кількість ліній сколу, поліпшуючи при цьому фізичні властивості оброблюваного ґрунту, у порівнянні з базовою.

РОЗДІЛ 5. Технологія використання модернізованої фрези

Для виконання заданої технологічної операції фрезерування ґрунту вимагає відповідного регулювання сільськогосподарської машини, фрези. Його виконують наступним чином.

Перед роботою перевірити технічний стан фрези і правильність його складання.

Потім перевіряють кріплення всіх вузлів фрези.

Після цього навісити фрезу на трактор наступним чином:

- під`їхати заднім ходом до фрези, так щоб нижні тяги трактора були на рівні бокових кронштейнів навіски;
- приєднати нижні тяги трактора до пальців бокових кронштейнів навіски фрези, а верхню тягу – до центрального кронштейну і зафіксувати її;

Потім приєднати карданний вал спочатку до вала редуктора фрези, а потім до вала відбору потужності трактора. Слід звернути увагу на те, щоб запобіжна муфта була встановлена на вал редуктора, а валики шарнірів лежали в одній площині.

Відрегулювати фрезу в поперечному напрямку за допомогою розкосів механізму задньої навіски трактора.

Під`їхати агрегатом на регульовальний майданчик.

За допомогою регульовальних штанг відрегулювати потрібну глибину обробітку, підклавши попередньо під фрезерний барабан брус, що відповідають глибині обробітку.

Виконавши всі вище перелічені регулювання розпочати роботу. Для цього необхідно на полі, на якому буде виконуватись операція фрезерування, проїхати агрегатом відстань 40...50 метрів, після чого перевірити правильність встановлення глибини обробітку, а також якість перемішування та подрібнення ґрунту. Відхилення від заданої глибини обробітку не повинна

перевищувати ± 1 см. У разі відхилення глибини обробітку від норми повторно провести регулювання у тій же послідовності.

Переводити сільськогосподарську машину в робоче або транспортне положення потрібно без ривків та за відсутності поблизу агрегату сторонніх осіб.

Не можна допускати забивання робочих органів фрези сторонніми та рослинними рештками. У такому разі її необхідно очистити.

Повороти трактора потрібно здійснювати при виглиблених робочих органах. При опущеній у робоче положення фрезі не дозволяється рухатись заднім ходом, для запобігання поломок машини.

Висновок

Внесені конструктивні зміни не позначилися на основних регулюваннях ґрунтообробної фрези.

РОЗДІЛ 6. Обґрунтування конструктивних параметрів

В даному розділі нами буде проведено розрахунок гвинтового з'єднання, а саме гвинт, що тримає Г-подібний ніж на диску ротора фрези.

Умовою надійності з'єднання є відсутність зсуву деталей у з'єднанні.

Для цього нам необхідно розрахувати силу F що діє на Г-подібний ніж по його окружності.

При проходженні елементу робочого органа ножа або леза, різної геометричної форми, в ґрунті утворюються так звані лінії сколу. Вони розходяться в різні сторони позитивно впливають на тяговий опір знаряддя. Як показують дослідження площа сколу може знижувати опір до 80%.

Опір сколу обчислюється за наступною формулою:

$$F = C_{y\delta} \cdot F_{ск} \quad (6.1)$$

де: $C_{y\delta}$ – питома зчеплення часток ґрунту, кН/м². Господарство має чорноземи, для яких $C_{y\delta} = 4$ кН/м².

$F_{ск}$ – площа сколу, м².

Лінії сколу для чорнозему розповсюджуються під кутом, який знаходиться в межах 22...30°. Приймаємо найбільше значення $\varphi = 30^\circ$.

Знаходимо площу сколу, яка обчислюється за рівнянням:

$$F_{ск} = a \cdot b = a^2 \cdot tg\varphi + S_1 \quad (6.2)$$

де: a – глибина занурення ножа у ґрунт, м. $a = 0,112$ м.

b – відстань між болтами, що кріплять один ніж, м. $b = 0,05$ м.

S_1 – опір який здійснює ніж, кН/м².

Опір який здійснює ніж обчислюється за формулою кН/м²:

$$S_1 = a \cdot k = 0,112 \cdot 0,03 = 0,0036. \quad (6.3)$$

Знаючи опір який здійснює ніж можемо тепер розрахувати площу сколу, м:

$$F_{ск} = 0,112^2 \cdot tg30 + 0,0036 = 0,01.$$

Знаючи числові значення складових формули (6.1) можемо знайти опір сколу, кН/м:

$$F = 4 \cdot 0,01 = 0,04.$$

Опір сколу являється силою, що діє на ніж, отже знаючи цю силу нам потрібно скласти рівняння моментів відносно точки B .

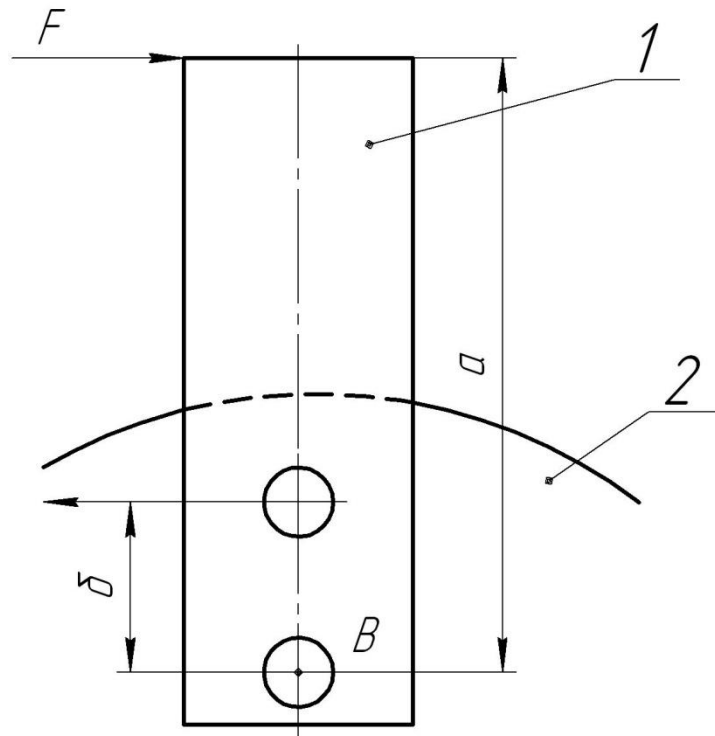


Рисунок 6.1 – принципова схема гвинтового з'єднання

$$\Sigma M_B = 0$$

$$\Sigma M_B = -F \cdot a + R \cdot b = 0 \quad (6.4)$$

де: a – відстань від крайньої кромки ножа до болта, м. $a = 0,244$.

b – відстань між болтами, м. $b = 0,05$.

R – сила, що протидіє зрізу, кН.

Знаходимо силу яка протидіє зрізу болта, кН:

$$R = \frac{F \cdot a}{b} = \frac{0,04 \cdot 0,244}{0,05} = 0,1952.$$

Складаємо рівняння для визначення діаметру болта:

$$\tau = \frac{R}{i \cdot A} = \frac{4 \cdot R}{\pi \cdot d^2} \leq [\tau]. \quad (6.5)$$

де: i – кількість площин перерізу. $i=1$.

Звідси:

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot R}{\pi \cdot [\tau]}} \quad (6.6)$$

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,1952}{3,14 \cdot 144}} = 1,7.$$

Приймаємо болт М10 у якого $d_1 = 9,7$ мм.

Висновки

В даному розділі проведені розрахунки на зріз болта, що тримає ніж на диску ротора та прийнятий болт у якого d_1 становить 9,7мм, відповідно умова виконується.

РОЗДІЛ 7. Розрахунок режимів роботи агрегату

В даному розділі нами будуть проведені розрахунки необхідної потужності, яка витрачається на привід робочого органа фрези – ротора.

Для розрахунку потужності кВт, яку потребує ротор фрези, використовують формулу:

$$N=N_n + \frac{v_n \cdot l_p \cdot n (K_l (\delta_c + l_{к.л.}) + K_0 \cdot S_{к.с.})}{S} + 0,5 \rho_r \cdot V \cdot h \cdot K_{від} \cdot v_n^3 \cdot (\lambda - 1)^2 \cdot 10^{-2}. \quad (7.1)$$

- де: N_n – потужність, яка необхідна для переборювання постійного опору;
- V_n – швидкість руху агрегату, м/с;
- l_p – довжина дуги різання, м;
- n – кількість дисків ротора;
- K_l – питома реакція ґрунту, кН/м;
- δ_c – товщина стружки ґрунту, м;
- $l_{к.л.}$ – довжина леза ножа, м;
- K_0 – питомий опір деформування ґрунту, кПа;
- $S_{к.с.}$ – середня величина проекції крила ножа на площину, яка перпендикулярна до напрямку його руху, м²;
- ρ_r – щільність ґрунту, кг/м³. Приймаємо $\rho_r = 1200$ кг/м³;
- V – ширина захвату ротора, м. Відповідно до конструкції машини приймаємо $V = 2$ м;
- h – глибина обробітку ґрунту, що становить 0,15 м;
- $K_{від}$ – коефіцієнт відкидання ґрунту, який визначається експериментально за графіком, що знаходиться на рис. 7.1;
- λ – показник кінематичного режиму. Розрахований у розділі 4 і становить 3,96;
- S_z – подача на ніж, м.

Визначаємо опір, який припадає лише на опір перекочування коліс фрези, тобто:

$$N_n = f_n \cdot q_0 \cdot B \cdot v_n, \quad (7.2)$$

де: f_n – коефіцієнт перекочування ($f_n = 0,1$);

q_0 – питома вага фрези, що становить 4,0 кН/м;

B – ширина захвату ротора, м;

v_n – швидкість руху агрегату, м/с. Дана швидкість розрахована в розділі 8, і становить 5 км/год, тобто 1,38 м/с;

$$N_n = 0,1 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 1,38 = 1,104 \text{ кВт}. \quad (7.2)$$

Визначаємо довжину дуги різання, м:

$$l_p = \frac{1,2 \cdot \pi \cdot R \cdot \beta_n^0}{180^0}, \quad (7.3)$$

де: R – радіус ротора, м. радіус ротора для фрези ФБН-2 становить 0,36 м.

$$l_p = \frac{1,2 \cdot 3,14 \cdot 0,36 \cdot 56,25}{180^0} = 0,42.$$

Визначаємо кількість дисків ротора:

$$n = \frac{B + b_d + \Delta b}{b_d + \Delta b}, \quad (7.4)$$

$$n = \frac{2 + 0,2 + 0,02}{0,2 + 0,02} = 10,09.$$

Визначаємо товщину стружки ґрунту, м;

$$\delta_c = S \cdot \cos \left(\arctg \left(\frac{z \cdot (\lambda \cdot R - \lambda \cdot h - R)}{R \cdot (\lambda \cdot z \cdot \sin \beta_H - 2\pi)} \right) \right), \quad (7.5)$$

де: S – подача на ніж, м;

$$S = \frac{2\pi \cdot R}{z \cdot \lambda}, \quad (7.6)$$

де: z – кількість ножів, які розміщені на одному диску, і загнуті в один бік;

R – радіус ротора, м.

$$S = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,36}{2 \cdot 3,96} = 0,28.$$

Тоді:

$$\delta_c = S \cdot \cos \left(\arctg \left(\frac{2 \cdot (3,96 \cdot 0,36 - 3,96 \cdot 0,15 - 0,36)}{0,36 \cdot (3,96 \cdot 2 \cdot \sin 56,25 - 2 \cdot 3,14)} \right) \right) = 0,03.$$

Середня величина проекції крила на площину $S_{к.с.}$, яка перпендикулярна до напрямку його руху, м², визначається за формулою:

$$S_{к.с.} = \frac{l_k \cdot b_k (\cos \gamma_1 - \sin \gamma_2)}{(\gamma_2 - \gamma_1)}, \quad (7.7)$$

де: l_k – довжина крила ножа, м;

b_k – ширина крила ножа, м;

γ_1 та γ_2 – кути різання на початку та в кінці різання, град.

$$S_{к.с.} = \frac{0,1 \cdot 0,6 (\cos 19,41 - \sin 19,63)}{(19,63 - 19,41)} = 0,0003.$$

Визначаємо кут різання на початку різання:

$$\gamma_1 = \beta_n + \alpha_{z_1} - j; \quad (7.8)$$

$$\gamma_1 = 56,25 + 23,16 - 60 = 19,41;$$

де: α_{z_1} - кут між віссю Z і вектором абсолютної швидкості кінця ножа, який визначають за формулою (7.9);

j – кут установки ножа на дискові відносно радіуса-вектора (звичайно його беруть в межах $60\dots70^0$). Приймаємо $j = 60^0$.

$$\alpha_{z_1} = \alpha'_{z_1} + \pi, \quad (7.9)$$

де:

$$\alpha'_{z_1} = \arccos\left(\frac{(\lambda \cdot \sin B_n)}{\sqrt{1 + \lambda^2 - 2\lambda \cdot \cos \beta_n}}\right). \quad (7.10)$$

Тоді:

$$\alpha'_{z_1} = \arccos\left(\frac{(3,96 \cdot \sin 56,25)}{\sqrt{1 + 3,96^2 - 2 \cdot 3,96 \cdot \cos 56,25}}\right) = 20.$$

Визначивши α'_{z_1} можемо знайти α_{z_1} :

$$\alpha_{z_1} = 20 + 3,14 = 23,16.$$

Визначаємо кут в кінці різання:

$$\gamma_2 = \alpha_{z_2} - j - \psi_2; \quad (7.11)$$

де:

$$\alpha_{z_2} = \arccos\left[\frac{-\lambda \cdot \sin[-\pi/Z(\lambda-1)]}{\sqrt{1 + \lambda^2 - 2\lambda \cdot \cos[-\pi/z(\lambda-1)]}}\right] \quad (7.12)$$

$$\alpha_{z_2} = \arccos\left[\frac{-3,96 \cdot 3,14 \cdot \sin[-3,14/6(3,96-1)]}{\sqrt{1 + 3,96^2 - 2 \cdot 3,96 \cdot \cos[-3,14/2(3,96-1)]}}\right] = 89,76.$$

Тоді:

$$\gamma_2 = 89,76 - 60 - 10,13 = 19,63.$$

Таким чином знаючи всі складові, що входять у формулу 7.1, можемо розрахувати потужність, яку потребує ротор фрези:

$$N=1,104 + \frac{1,38 \cdot 0,42 \cdot 10(0,03+0,1)+100 \cdot 0,0003}{0,28} + 0,5 \cdot 1200 \cdot 2 \cdot 0,16 \cdot 0,76 \cdot \\ \cdot 1,38^3 \cdot (3,96-1)^2 \cdot 10^{-2} = 37,5 \text{ кВт.}$$

Висновок

Метою даного розділу був розрахунок потужності, яку потребує ротор фрези що становить 37,5 кВт, а також такі показники як кількість дисків ротора - 10 шт., товщину стружки - 0,03 м, подача на ніж - 0,28, та показник кінематичного режиму - 3,96.

РОЗДІЛ 8. Розрахунок експлуатаційних показників роботи агрегату

Фрезерування відноситься до передпосівного обробітку ґрунту. Проектом пропонується удосконалення ґрунтообробної фрези ФБН-2, яка агрегується з трактором Т-150 який є у наявності в господарстві. Фреза відноситься до сільськогосподарських машин з активними робочими органами, що дозволяє зменшити витрати енергії на пересування агрегату.

В даному розділі нам потрібно визначити експлуатаційні показники вищесказаного агрегату.

Найважливіший з експлуатаційних показників будь-якого агрегату це його продуктивність за зміну, що визначається за формулою:

$$W_{зм} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot T_{зм} \cdot \tau, \text{га/зм}, \quad (8.1)$$

де: 0,1 – переводний коефіцієнт;

B_p – робоча ширина захвату агрегату, м;

V_p – робоча швидкість агрегату. Згідно з інструкцією заводу виготівника робоча швидкість даної фрези знаходиться в межах 5...6,3 км/год. Приймаємо робочу швидкість $V_p = 5$ км/год;

$T_{зм}$ – протяжність зміни в часі, год. В господарства становить 7 год;

τ – коефіцієнт використання часу зміни.

При даних вимогах до фрезерування ґрунту фрезою марки ФБН-2 трактор Т-150-05-09 може рухатись на першій передачі на якій максимальна швидкість руху, за технічною характеристикою, складає 7,35 км/год.

Час використання часу зміни розраховується за формулою:

$$\tau = \frac{T_p}{T_{зм}}, \quad (8.2)$$

де: T_p – час чистої роботи на протязі прийнятої зміни в господарстві,
год.

Час основної роботи агрегату знаходиться за таким рівнянням, год:

$$T_p = \frac{T_{зм} - T_{пз} - T_{щто} - T_{ф} - T_{пер}}{60(1 + \tau_{пов})}, \quad (8.3)$$

де: $T_{пз}$ – підготовчо-заклучні роботи. Згідно рекомендацій [5] приймаємо $T_{пз} = 4$ хв;

$T_{щто}$ – норматив на щоденне технічне обслуговування агрегату трактора – 24 хв, фрези - 8 хв, $T_{щто} = 32$ хв;

$T_{ф}$ – норматив на фізіологічні потреби: відпочинок 20 хв та особисті потреби 10 хв за зміну; $T_{ф} = 30$ хв;

$T_{пер}$ – час переїзду агрегату протягом зміни. Згідно рекомендацій $T_{пер}$ становить 0...0,5 год. приймаємо $T_{пер} = 20$ хв;

$\tau_{пов}$ – коефіцієнт поворотів;

Коефіцієнт поворотів знаходиться так:

$$\tau_{пов} = \frac{V_n \cdot t_{пов}}{3,6 \cdot L}, \quad (8.4)$$

де: V_n – швидкість руху при повороті агрегату; приймаємо $V_n = V_p$; $V_n = 5$ км/год;

$t_{пов}$ – згідно рекомендацій тривалість одного повороту становить 40...60 с. приймаємо $t_{пов} = 40$ с ;

L – довжина гону, м; $L = 1243,5$ м;

За формулою 8.4 знаходимо коефіцієнт поворотів за формулою 8.4:

$$\tau_{пов} = \frac{5 \cdot 40}{3,6 \cdot 1243,5} = 0,044.$$

Виходячи з формули (8.3) визначаємо час основної роботи агрегату:

$$T_p = \frac{420 - 4 - 32 - 30 - 20}{60(1 + 0,044)} = 5,33$$

Знаючи час основної роботи можемо визначити коефіцієнт використання часу зміни:

$$\tau = \frac{5,33}{7} = 0,76.$$

Знайшовши коефіцієнт використання часу зміни можемо визначити продуктивність агрегату за зміну:

$$W_{зм} = 0,1 \cdot 2,0 \cdot 5 \cdot 7 \cdot 0,76 = 5,32 \text{ га/зм.}$$

Для даного агрегату визначаємо гектарну витрату палива, кг/га:

$$g_{га} = \frac{G_p \cdot T_p + G_{пов} \cdot T_{пов} + G_{пер} \cdot T_{пер} + G_{зуп} \cdot T_{зуп}}{W_{зм}}, \quad (8.5)$$

де: G_p , $G_{пов}$, $G_{пер}$, $G_{зуп}$ – витрата палива за годину роботи відповідно на основній роботі, поворотах, переїздах, на зупинках з працюючим двигуном, кг/год;

$T_{зуп}$, $T_{пов}$ – сумарні витрати часу на повороти, тривалість зупинок агрегату з працюючим двигуном, год;

Сумарна витрата часу на повороти становить:

$$T_{пов} = \tau_{пов} \cdot T_p \quad (8.6)$$

$$T_{пов} = 0,044 \cdot 5,32 = 0,23$$

Тривалість зупинок агрегату з працюючим двигуном, год:

$$T_{зуп} = T_{пз} + T_{ф} \quad (8.7)$$

$$T_{зуп} = 0,015 + 0,5 = 0,566$$

Знаходимо гектарну витрату палива, кг/га:

$$g_{\text{га}} = \frac{14 \cdot 5,33 + 8 \cdot 0,32 + 7,5 \cdot 0,5 + 1,9 \cdot 0,57}{5,32} = 15,41.$$

Висновки

В результаті проведених розрахунків експлуатаційних показників агрегату у складі трактора Т-150 та ґрунтообробної фрези ФБН-2 нами було визначено його продуктивність за зміну, що становить 5,32 га/зм, час основної роботи - 5,33 год, та коефіцієнт використання часу зміни 0,76, а також витрату дизельного пального на гектар, що дорівнює 15,41 кг/га.

РОЗДІЛ 9. Охорона праці та захист навколишнього середовища

Відповідальність за стан охорони праці в підприємстві ПСП АФ «Перше Травня» несе директор.

Відповідальність за стан охорони праці в рослинництві покладається наказом директора на головного агронома. Фахівця з охорони праці в господарстві немає, але його функції за сумісництвом виконує головний інженер.

У відповідності з Типовим положенням про навчання та перевірку знань з питань охорони праці в господарстві встановлено порядок і види навчання з охорони праці робітників та службовців.

Також проводяться всі види інструктажів у відповідності до положень і рекомендацій.

Громадський контроль за охороною праці проводить представник трудового колективу, тому що профспілки в господарстві немає.

Засобами індивідуального захисту та спецодягом і спецвзуттям працюючі забезпечені частково. Останнім часом робітникам часто не видається спеціальний одяг та спеціальне взуття. В господарстві недостатньо засобів індивідуального захисту, а ті, що є не завжди в належному стані, вони часто зношені та непридатні і потребують заміни.

Фінансування всіх заходів по охороні праці проводиться за рахунок господарства. Працівники не несуть ніяких матеріальних витрат на заходи з охорони праці. Але фінансування заходів з охорони праці недостатнє, та використовується не за призначенням.

Вимоги безпеки перед початком роботи

1. Перевірити наявність і справність гумових прокладок і замків на бокових щитах капоту двигуна трактора. Впевніться у відсутності підтікання палива, мастил і охолоджуючої рідини, а також пропуску випускних газів у з'єднаннях випускних і всмоктувальних патрубків з блоком двигуна.

2. Переконайтеся, що поле, виділене для обробки ґрунту, очищене від зайвих предметів. Ями та канави загорнуті. Перешкоди, які не можна ліквідувати, відмічені віхами висотою 2 м; біля ярів і крутих схилів, на їх краю, встановлені попереджувальні знаки та відорана контрольна борозна на відстані 10 м, шириною не менше 50 см.

В кабіні дозволяється знаходитися тільки одному трактористу, щоб при виникненні небезпеки він міг без перешкод покинути її.

3. Впевніться, що на відведеній для обробки ділянці відсутні сторонні особи.

При виконанні робіт фрезою за участю обслуговуючого персоналу перевірте дієвість двосторонньої сигналізації.

4. Перевірте надійність засобів сигналізації, домовтесь з іншими працюючими про умовні сигнали та порядок виконання технологічних операцій при роботі фрезою.

5. Опори (підніжки) та поручні (перила, ручки) на тракторі повинні бути справними та сухими.

Перед входом у кабінку очистіть взуття й сходи від бруду.

6. Перевірте наявність первинних засобів пожежогасіння та їх розміщення в місцях, спеціально передбачених для цих цілей. Ознайомтесь із правилами користування ними, забезпечте до них вільний доступ.

Висновки

Застосування вимог безпеки життєдіяльності, розробка конкретних планів, що стосується якості перевірки небезпечних факторів при експлуатації ґрунтообробної фрези, все це буде сприяти зменшенню захворювання та травматизму обслуговуючого персоналу.

Внесені у конструкцію машини зміни не погіршили стану техніки безпеки і охорони навколишнього середовища.

РОЗДІЛ 10. Техніко-економічні показники проекту

Економічні розрахунки розробки будемо порівнювати з серійною машиною. Основна відмінність агрегату – зменшення опору на підрізання скиби ґрунту, підвищення якості кришення ґрунту, і як наслідок менша кількість зупинок на очистку робочих органів фрези, що в свою чергу збільшує робочий час зміни, та добову продуктивність агрегату вцілому.

Вихідні дані для розрахунків зведено до табл. 10.1.

Таблиця 10.1 – Вихідні дані до техніко-економічних розрахунків.

№	Показник	Розмірність	Технологічна машина			
			серійна	модернізована		
1	Річний обсяг роботи	га	120	120		
2	Продуктивність	га/год	0,5	0,76		
3	Витрати ПММ	кг/га	9,0	8,6		
4	Вартість:	грн				
	Трактора				150000	150000
	Фрези				13000	14500
	Всього		163000	164500		
5	Кількість обслуговуючого персоналу		1	1		

У відповідності з попередніми розрахунками:

Кількість нормо-годин у обсязі робіт:

$$K_{\text{НГ}}^{\text{Б}} = \frac{W_{\text{сез}}}{W_{\text{год}}} = \frac{120}{0.5} = 240 \text{ год.} \quad K_{\text{НГ}}^{\text{П}} = \frac{W_{\text{сез}}}{W_{\text{год}}} = \frac{120}{0.76} = 157,8 \text{ год.} \quad (10.1)$$

Витрати праці:

$$V_{\text{П}}^{\text{Б}} = K_{\text{НГ}} \cdot n = 240 \cdot 1 = 240 \text{ год.} \quad V_{\text{П}}^{\text{П}} = K_{\text{НГ}} \cdot n = 157,8 \cdot 1 = 157,8 \text{ год.} \quad (10.2)$$

де: $n = 1$ – кількість обслуговуючого персоналу.

Експлуатаційні витрати

Поєднання основної і додаткової заробітної плати, амортизаційних відрахувань, витрат на ПММ, витрат на технічне обслуговування, ремонт і зберігання агрегату дають нам експлуатаційні витрати. Далі виконаємо розрахунок вказаних складових.

Основна і додаткова заробітна плата з нарахуваннями:

$$П = \frac{C_m}{W_{год}} \cdot K_1 \cdot K_2 \quad (10.3)$$

де: C_T – тарифна ставка, грн/год;

$K_1 = 1,2$ – коефіцієнт, що враховує додаткову оплату (20%);

$K_2 = 1,3719$ – коефіцієнт, що враховує нарахування на соціальні

заходи:

$$П^B = \frac{10,12}{0,5} \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,3719 = 33,32;$$

$$П^П = \frac{10,12}{0,76} \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,3719 = 21,92.$$

Амортизаційні відрахування

Норма амортизації для трактора – 17,5%, фрези – 14,2%.

Нормативне завантаження на рік:

- трактора - 1550 год;

- фрези - 580 год.

$$\text{Трактор: } A_{TP}^B = \frac{150000 \cdot 17,5}{120 \cdot 1550 \cdot 0,5} = 28,2 \text{ грн/га; } A_{TP}^П = \frac{150000 \cdot 17,5}{120 \cdot 1550 \cdot 0,76} = 18,5 \text{ грн/га.}$$

$$\text{Фреза: } A_{TP}^B = \frac{13000 \cdot 14,2}{120 \cdot 580 \cdot 0,5} = 5,3 \text{ грн/га; } A_{TP}^П = \frac{14500 \cdot 14,2}{120 \cdot 580 \cdot 0,76} = 3,89 \text{ грн/га.}$$

$$\text{Всього: } A_{\Sigma}^B = 28,2 + 5,3 = 33,5 \text{ грн/га;}$$

$$A_{\Sigma}^П = 18,5 + 3,89 = 22,39 \text{ грн/га.}$$

Витрати на ПММ

$$V_{\text{ПММ}} = C_{\text{ПММ}} \cdot V_{\text{ПММ}} = 9 \cdot 9,00 = 81 \text{ грн./га}$$

$$V_{\text{ПММ}} = C_{\text{ПММ}} \cdot V_{\text{ПММ}} = 9 \cdot 8,6 = 77,4 \text{ грн./га.}$$

Витрати на ТО, ПР, зберігання

Норма витрат на ТР, ТО і зберігання:

$\alpha_{\text{ТО}} = 11\%$ - норма відрахувань на ТО;

$\alpha_{\text{З}} = 0,2\%$ - норма відрахувань на зберігання;

$\alpha_{\text{ТР}} = 8\%$ - норма відрахувань на ремонт.

Витрати на ТО, ТР і зберігання:

$$V = \frac{V_{\text{Б}} \cdot (\alpha_{\text{ТО}} \cdot \alpha_{\text{З}} \cdot \alpha_{\text{ТР}})}{100 \cdot K_{\text{НГ}} \cdot W_{\text{ГОД}}} \cdot K. \quad (10.4)$$

де: $V_{\text{Б}}$ – балансова вартість, грн;

K – коефіцієнт переведу трактора у еталонний.

Трактор:
$$V_{\text{ТР}}^{\text{Б}} = \frac{150000 \cdot (11+8+0,2)}{120 \cdot 240 \cdot 0,5} = 200 \text{ грн/га};$$

$$V_{\text{ТР}}^{\text{П}} = \frac{150000 \cdot (11+8+0,2)}{120 \cdot 157,8 \cdot 0,76} = 200,1 \text{ грн/га.}$$

Фреза:
$$V_{\text{М}}^{\text{Б}} = \frac{13000 \cdot (8+0,2)}{120 \cdot 240 \cdot 0,5} = 7,40 \text{ грн/га};$$

$$V_{\text{М}}^{\text{П}} = \frac{14500 \cdot (8+0,2)}{120 \cdot 157,8 \cdot 0,76} = 8,26 \text{ грн/га};$$

Всього по агрегатам:

$$V^{\text{Б}} = V_{\text{ТР}}^{\text{Б}} + V_{\text{М}}^{\text{Б}} = 200 + 7,40 = 207,4 \text{ грн./га};$$

$$V^{\text{П}} = V_{\text{ТР}}^{\text{П}} + V_{\text{М}}^{\text{П}} = 200,1 + 8,26 = 208,36 \text{ грн./га.}$$

Всього експлуатаційних витрат на 1 га:

$$E_B^B = 33,32 + 33,5 + 81 + 207,4 = 355,22 \text{ грн/га};$$

$$E_B^П = 21,92 + 18,5 + 77,4 + 208,36 = 326,18 \text{ грн/га}.$$

Експлуатаційні витрати на весь обсяг роботи:

$$E_{\Sigma}^B = E_B \cdot W_{\text{СЕЗ}} = 355,22 \cdot 120 = 42626,4 \text{ грн.} \quad E_{\Sigma}^П = 326,18 \cdot 120 = 39141,6 \text{ грн.}$$

Капітальні вкладення на 1 га:

$$K_B^B = \frac{B_B}{W_{\text{СЕЗ}}} = \frac{150000}{120} = 1250 \text{ грн/га}; \quad K_B^П = \frac{150000}{120} = 1250 \text{ грн/га}.$$

$$\text{Фреза:} \quad K_B^B = \frac{13000}{120} = 108,3 \text{ грн/га}; \quad K_B^П = \frac{14500}{120} = 120,8 \text{ грн/га}.$$

Всього:

$$K_B^B = 1250 + 108,3 = 1358,3 \text{ грн/га}; \quad K_B^П = 1250 + 120,8 = 1370,8 \text{ грн/га}.$$

Приведені витрати на 1га:

$$П_B = E_B + 0,15 \cdot K_B$$

$$П_B^B = 355,22 + 0,15 \cdot 1358,3 = 558,96 \text{ грн./га};$$

$$П_B^П = 326,18 + 0,15 \cdot 1370,8 = 531,8 \text{ грн./га}.$$

Приведені витрати на весь обсяг робіт:

$$П_{\Sigma}^B = П_B \cdot W_{\text{СЕЗ}} = 558,96 \cdot 120 = 67075,2 \text{ грн};$$

$$П_{\Sigma}^П = П_B \cdot W_{\text{СЕЗ}} = 531,8 \cdot 120 = 63816 \text{ грн}.$$

Річний економічний ефект:

$$E_E = 67075,2 - 63816 = 3259,2 \text{ грн.}$$

Строк окупності додаткових капітальних витрат

$$N = \frac{14500 - 13000}{3259,2} = 0,46.$$

Таблиця 10.2 – Показники економічної ефективності розробленого проекту

№ п/п	ПОКАЗНИК	Варіант	
		Базовий	Проект
1	Вид роботи	Фрезерування ґрунту після багаторічних трав	
2	Об'єм роботи, га	120	120
3	Склад агрегату: Трактор Фреза	Т-150-05-09 ФБН-2	Т-150-05-09 ФБН-2М
4	Продуктивність, га/год	0,5	0,76
5	Кількість нормо-годин у обсязі робіт	240	157,8
6	Кількість обслуговуючого персоналу -трактористів-машиністів -допоміжних працівників	1 -	1 -
7	Витрати праці, люд.·год/га	240	157,8
8	Тарифний розряд роботи	V	V
9	Тарифна ставка, грн./год	10	10
10	Норма витрати пального, кг/га	9	8,6
11	Балансова вартість, грн. Трактора Фрези	150000 13000	150000 14500
12	Комплексна ціна ПММ, грн	9	9

Продовження таблиці 10.2

13	Експлуатаційні витрати, грн/га у тому числі: - основна і додаткова заробітна плата - амортизаційні відрахування: -трактор -машина -всього - витрати на ПММ - витрати на ТО, ТР, зберігання, -трактора -машина -всього	355,22 33,32 28,2 5,3 33,5 81 200 7,40 207,4	328,88 21,92 18,5 3,89 22 77,4 200,1 8,26 208,36
14	Капітальні вкладення, грн/га	1250	1250
15	Приведені затрати, грн/га На весь обсяг роботи, грн	558,96 67075,2	531,8 63816
16	Річний економічний ефект, грн		3259,2
17	Строк окупності, років		0,46

Висновки

Розрахунок техніко–економічних показників, показав, що удосконалена фреза дозволяє знизити експлуатаційні витрати по зрівнянню з базовим, при цьому річний економічний ефект його застосування складе 3259,2 грн., а термін окупності 0,46 роки. Дані розрахунки підтверджують правильність обраного варіанту удосконалення.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Проведений аналіз, особливості поверхневого обробітку ґрунту, засобів механізації для цих технологій, нами встановлено, що не зважаючи на ту велику різноманітність технічних засобів, ще і на сьогоднішній день проблема поверхневого обробітку ґрунту відповідно до агротехнічних вимог залишається актуальною.

Для рішення поставленої задачі нами пропонується розробка ґрунтообробної фрези, яка дозволить отримати кращі результати у порівнянні з серійною.

Приведені агротехнічні вимоги до поверхневого обробітку ґрунту.

Проведений огляд показує, що існує досить велика кількість різноманітних конструкцій, як самих фрез так і роторів до них.

На підставі проведеного огляду сучасних конструкцій ґрунтообробних фрез нами прийнято рішення для ґрунтово-кліматичних умов Дніпропетровської області розробити конструкцію ротора фрези, взявши за основу авторське свідоцтво №1423007.

Внесені конструктивні зміни не позначилися на основних регулюваннях.

Модернізований ротор фрези можна також встановлювати на інші ґрунтообробні фрези.

Використання модернізованої машини сприяє економії паливо-мастильних матеріалів і зменшенню затрат праці.

Як показують розрахунки модернізована фреза може комплектуватися з трактором тягового класу 3, у нашому випадку з трактором Т-150-05-09, при цьому фрезерування буде відбуватись на першій передачі.

Застосування вимог безпеки життєдіяльності, розробка конкретних планів, що стосується якості перевірки небезпечних факторів при експлуатації ґрунтообробного агрегату, все це буде сприяти зменшенню захворювання та травматизму обслуговуючого персоналу. Внесені у

конструкцію зміни не погіршили стану техніки безпеки і охорони навколишнього середовища.

Розрахунок техніко-економічних показників, показав, що розроблена конструкція дозволяє знизити експлуатаційні витрати у порівнянні з базовим, при цьому річний економічний ефект його застосування складе 3259,2 грн., а термін окупності 0,46 роки. Дані розрахунки підтверджують правильність обраного варіанту удосконалення.

Розрахунки показують, що даний агрегат показує хорошу ефективність і його можна запропонувати до впровадження.