

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




ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ

ОС «Бакалавр»

Тема **«КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЗНАРЯДДА ДЛЯ
ОСНОВНОГО БЕЗПОЛИЦЕВОГО ОБРОБІТКУ ПЕРЕУЩІЛЬНЕНИХ ҐРУНТІВ»**

Галузь знань 20 Аграрні науки та продовольство
Спеціальність 208 Агроінженерія

Шифр ДПАІ 25.08.00.00.000 ПЗ

Студент гр. АІ-21-1 Малащук В.А.
Керівник роботи  д.т.н., проф. Шевченко І.А.
Нормоконтролер  к.т.н., доц. Лук'янюк М.В.
До захисту допускаю: к.т.н., доц. Мартинюк А.В.
Завідувач кафедри ГМ та АІ  2025 р.

Хмельницький, 2025 р.

АНОТАЦІЯ

Даний дипломний проект складається з пояснювальної записки і графічної частини. Пояснювальна записка містить у собі наступні елементи: 79 сторінок формату А4, 5 розділів, 9 рисунків, 7 таблиць, 49 формул, додатка, 24 джерел літератури. Графічна частина складається з 3 листів формату А1 та 2 листів формату А3.

У даному проекті проаналізовано технологічне завдання для основного глибокого безполицевого обробітку ґрунту ярусним глибокорозпушувачем, визначені умови роботи глибокорозпушувача та його агро-технологічні показники роботи.

Розглянуто питання обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів робочих органів. Запропоновано для впровадження раціональні геометричні параметри робочих органів та компановка знаряддя у цілому з метою зменшення питомого тягового опору та металоємності конструкції.

Розглянуто питання охорони праці та довкілля при експлуатації агрегату у складі трактора Т-150 і ярусного глибокорозпушувача.

Зроблено техніко-економічне обґрунтування прийнятого рішення.

Ключові слова: *основний обробіток ґрунту, ярусний обробіток, деблоковане різання ґрунтів, глибокорозпушувач.*

					ДПАІ 25.08.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет «Інженерії, транспорту та архітектури»

Кафедра «Галузевого машинобудування та агроінженерії»

Спеціальність 208 - Агроінженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедрою «Галузевого машинобудування та агроінженерії»

_____ доц. Мартинюк А.В.

_____” _____ 2025 р.

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТОВІ
МАЛАЩУК ВІТАЛІЙ АНДРІЙОВИЧ
АІ-21-1**

1. Тема дипломного проекту (роботи):

**«КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЗНАРЯДДЯ ДЛЯ
ОСНОВНОГО БЕЗПОЛИЦЕВОГО ОБРОБІТКУ ПЕРЕУЩІЛЬНЕНИХ ҐРУНТІВ»**

Затверджена наказом по інституту від “ ” 2025 р. №

2. Термін здачі студентом закінченого проекту (роботи) 02 червня 2025 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи): Тип ґрунту – черноземи опідзолені, вологість ґрунту 18-25 %, трактора – Т-150 (або інший класу 3-4), швидкість руху – до 8 км/год., глибина обробітку – до 40 см, тип основних робочих органів – чизельні.

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

1 - Агротехнологічні підстави створення ґрунтообробної техніки. 2 - Розрахунок і розміщення робочих органів на рамі знаряддя для глибокого розпушування ґрунту. 3 - Безпека життєдіяльності. 4 - Техніко-економічне обґрунтування ефективності використання агрегату для основного обробітку ґрунту.

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

1 - Розподіл рівноважної щільності ґрунту за горизонтами 2 - Знаряддя для глибокого обробітку ґрунту. 3 - Робочий орган першого ряду знаряддя. 4 - Робочий орган другого ряду знаряддя. 5 - Вимоги безпеки та методи контролю агрегату. 6 - Техніко-економічні показники проекту.

					ДПАІ 25.08.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

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

Розділ	Консультант	Підпис дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання

Керівник _____ проф. Шевченко І.А.

Завдання прийняв до виконання _____ Малащук В.А.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Студент-дипломник _____ Малащук В.А.

Керівник проекту _____ проф. Шевченко І.А.

№ строки	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Номер аркуша	Примітка
1						
2	A4	ДПАІ 25.08.00.00.000 ПЗ	Розрахунково -			
3			вальна записка	79		
4						
5	A1	ДПАІ 25.080. 110000	Обґрунтування			
6			ності глибокого обро-			
7			бітку ґрунту	1	1	
8	A1	ДПАІ 25.080. 210000 ВЗ	Знаряддя глибокого			
9			обробітку ґрунту	1	2	
10	A1	ДПАІ 25.080. 211700 СК	Робочий орган 1-го	1	3	
11	A1	ДПАІ 25.080. 211900 СК	Робочий орган 3-го	1	4	
12	A3	ДПАІ 25.080. 211705	Стійка-1	1	5	
13	A3	ДПАІ 25.080. 211906	Стійка-3	1	5	
14						
15	A1	ДПАІ 25.080. 310000	Операційно-			
16			карта	1	6	
17						
18	A1	ДПАІ 25.080. 410000	Карта контролю роботи			
19			агрегата за			
20			безпеки	1	7	
21						
22	A1	ДПАІ 25.080. 510000	Порівняльні показники			
23			техніко-економічної			
24			ефективності	1	8	
25						

					ДПАІ 25.08.00.00.000 ВДП					
Змін	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	Відомість дипломного проекту			Літ	Аркуш	Арку
Розроб.	Малащук							i	1	1
Перев.	Шевченко							ХНУ, ГМАІ, 21-1		
Н.контр.	Лук'янюк									
Затв.	Мартинюк									

					ДПАІ 25.08.00.00.000 ПЗ					Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						9

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1. АГРОТЕХНОЛОГІЧНІ ПІДСТАВИ СТВОРЕННЯ ГРУНТООБРОБНОЇ ТЕХНІКИ.....	9
1.1 Щільність (об'ємна маса).....	9
1.2 Диференційований структурний (агрегатний) склад ґрунту.....	15
1.3 Фізико-механічні та реологічні показники ґрунтів.....	16
1.4 Вологість ґрунту.....	18
1.5 Вплив техногенного навантаження на зміну агрофізичних властивостей і розвиток деградаційних процесів у ґрунті.....	19
1.6 Оцінка енергоємності механізованого обробітку ґрунту.....	21
1.7 Висновки за розділом.....	23
2. ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ТА ЇХ РОЗМІЩЕННЯ НА РАМІ ЗНАРЯДДЯ ДЛЯ ГЛИБОКОГО РОЗПУШУВАННЯ ҐРУНТУ	24
2.1 Технологічне завдання щодо основного глибокого безполицевого обробітку ґрунту.....	24
2.2 Обґрунтування параметрів розпушувальних лап другого і третього ряду знаряддя.....	28
2.3 Обґрунтування розташування робочих органів відносно один одного на рамі знаряддя.....	30
2.4 Визначення тягового опору знаряддя.....	36
2.5 Розрахунок параметрів робочих органів.....	37
2.6 Висновки за розділом.....	44
3 РОЗРАХУНОК ОПЕРАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КАРТИ ДЛЯ ОСНОВНОГО ГЛИБОКОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ	45
3.1 Розрахунок складу і режиму руху машинно-тракторного агрегату.....	46
3.2 Режим роботи агрегату в загоні.....	49
3.3 Визначення показників ефективності роботи агрегату.....	50
3.4 Вибір способу руху агрегату по полю.....	51
3.5 Контроль якості роботи та охорона праці.....	54
3.6 Висновок за розділом.....	55
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ.....	56

					ДПАІ 25.08.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів при експлуатації агрегату для глибокого обробітку ґрунту.....	56
4.2 Вимоги безпеки при проведенні основного обробітку ґрунту комбінованим ґрунтообробним знаряддям.....	57
4.3 Розробка заходів щодо усунення можливих недоліків при роботі агрегату з комбінованими робочими органами для основного обробітку ґрунту.....	58
4.4 Організація контролю та забезпечення екологічності виробництва...	60
4.5 Висновки за розділом.....	62
5 ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА КОНСТРУКЦІЇ.....	63
5.1 Висновки за розділом.....	68
Загальні висновки.....	69
Список використаних джерел.....	70
Додатки.....	72

ВСТУП

Важливою особливістю зонального підходу є науково-обґрунтований агротехнічне виважений вибір таких технологічних рішень і прийомів, які у найбільшій мірі враховують конкретні ґрунтово-кліматичні та економічні умови ведення господарства і дають максимально можливий ефект. При цьому, реалізація нових технологій може йти двома шляхами: це розробка нових технологічних схем машин і їхніх робочих органів; другий шлях - це адаптація існуючих, апробованих, універсальних технологічних схем під розроблювальні зональні технології з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов.

Перший шлях найбільш кошторисний та найбільш тривалий у часі, його реалізація пов'язана із загальним розвитком рівня техніки і технологічних рішень. Другий шлях не вирішує глобальних задач, але дозволяє знаходити вузькі місця і резерви в підвищенні ефективності машин при реалізації технології із найменшими витратами.

Основним напрямком упровадження другого шляху є пристосування, як технологій, так і технічних засобів при їхній реалізації.. Найбільш високий рівень – спрямований на пристосування технологій для конкретних ґрунтово-кліматичних умов і умов реалізації технології у цілому. Середній рівень – зв'язаний із пристосуванням технологічних процесів роботи конкретних машин для реальних умов їхнього функціонування. Низький рівень – зв'язаний з режимами роботи робочих органів і машин.

Таким чином гнучкі технологічні системи на основі системного підходу, що передбачає облік факторів та розробку технологій й технічних засобів за єдиною схемою: „сільськогосподарська машина або знаряддя з формалізованими параметрами” ↔ „сільськогосподарські культури” ↔ „середовище із яким взаємодіють робочі органи ” з подальшим розташуванням результатів досліджень оболонці інформаційних технологій є найбільш перспективним та економічно-доцільним шляхом створення сільськогосподарської техніки та обладнання.

					ДПАІ 25.08.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

1 АГРОТЕХНОЛОГІЧНІ ПІДСТАВИ СТВОРЕННЯ ГРУНТООБРОБНОЇ ТЕХНІКИ

До групи основних показників, що змінюються у процесі механізованого обробітку ґрунту, та після нього, відносяться щільність, вологість і агрегатний склад ґрунту. Високі коефіцієнти множинної кореляції в дослідженнях академіка НААН В.В.Медведєва [1,2] доводять, що агрофізичні – структурний склад і щільність (чи об'ємна маса) орного горизонту, та агрохімічні – повне мінеральне добриво, найбільшою мірою впливають на врожай. Цим підтверджується той факт, що структурний склад і щільність у взаємозв'язку з вологістю ґрунту є основними агрофізичними властивостями, а всі інші агрофізичні властивості і режими є залежними від них.

1.1 Щільність (об'ємна маса) ґрунту

Щільність ґрунту є найбільш істотною характеристикою, яка обумовлює його склад, водно-фізичні властивості і біологічну активність. Водний, повітряний, тепловий та поживний режими життєдіяльності ґрунтової флори і фауни цілком залежать від величини щільності ґрунту.

Щільність ґрунту доцільно оцінювати в зональному розрізі та у сукупності з іншими характеристиками, зокрема з агрегатним складом, вмістом гумусу і вологістю.

Рослини однаково погано реагують як на ґрунти з високою щільністю, так і з низкою. У щільних ґрунтах порушується повітре- і газообмін, підвищується вміст недоступної вологи і різко скорочується місце для доступної. Пухкий ґрунт не здатний утримувати вологу, не забезпечує контакт ґрунтових часток з насінням, а при усадці порушує кореневу систему рослин, яка починає розвиватися. Отже, для повноцінного розвитку с.-г. культур необхідно механічно забезпечити визначене значення щільності ґрунту, яке отримало назву "оптимальної щільності ґрунту". Причому, різним ґрунтам і сільськогосподарським культурам відповідає своє визначене значення оптимальної щільності.

					<i>ДПАІ 25.08.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Питаннями механізації забезпечення оптимальної щільності ґрунту займалися багато вчених [2,3,4]. На підставі цих та власних досліджень чл.-кор. НААН А.С.Кушнар'ов [5] сформулював визначення щодо "оптимальної щільності", а саме: максимальний-можливий врожай можна отримати, якщо ґрунт має оптимальну щільність; при механічному обробітку надлишкове розпушування ґрунту таке шкідливе, як і надлишкове ущільнення (рис.1.1). Значення оптимальної щільності для різних типів ґрунтів і культур України приведені в табл.1.1 [6].

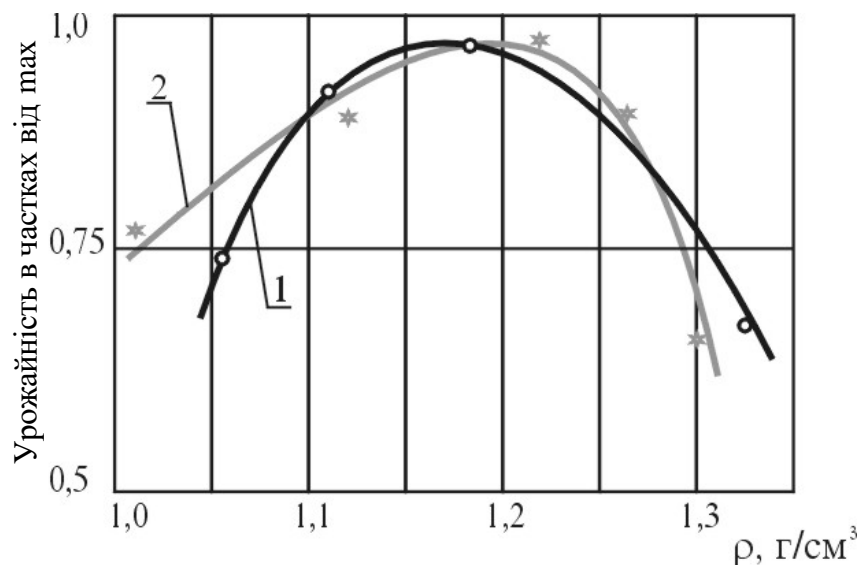


Рис.1.1 Вплив щільності ґрунту на врожай (за даними Б.І.Тарасенко [4])
1 – озима пшениця, 2 – кукурудза на зерно

У реальних умовах, після припинення впливу техніки, ґрунт протягом визначеного часу приймає "рівноважну щільність", яка надалі значно не змінюється. Рівноважної щільності оброблений механічно ґрунт, звичайно, набуває на час збирання зернових культур. Рівноважна щільність характеризує природний стійкий стан ґрунту. На рис.1.2 представлена характеристика рівноважної щільності за горизонтами для трьох типів ґрунтів: дерено-середньопідзолистих, чорноземних, темно-каштанових і темно-каштанових солонцюватих.

Таблиця 1.1

Оптимальна щільність ґрунтів для різних сільськогосподарських культур,
г/см³ (за М.Б.Ревутом)

Типи і різновиди ґрунтів	Пшениця, овес, просо, ячмінь	Кукурудза	Картопля	Цукровий бурак
Дерено-підзолистий, суглинистий	1.2-1.4	1.1-1.2	1.0-1.1	1.2-1.4
Чорнозем вилужений важко суглинистий	1.2-1.3	-	-	1.1-1.3
Чорнозем звичайний важкосуглинистий	1.1-1.2	1.2-1.3	-	-
Чорнозем південний карбонатний важкосуглинистий	1.1-1.2	1.2-1.3	-	-
Чорнозем південний важкосуглинистий (Північний Казахстан)	1.1-1.2	1.05-1.2	-	-
Каштановий важко суглинистий	1.1-1.3	1.2-1.3	-	1.0-1.1

Механічний обробіток ґрунту з метою регулювання його фізико-механічних властивостей доцільний тільки в тому випадку, якщо є розбіжності між рівноважною та оптимальною щільностями більш, ніж на 0.1 г/см³. Якщо рівноважна щільність ґрунту відповідає оптимальній, то механічний обробіток ґрунтів повинен вирішувати інші задачі, якщо вони необхідні: механічна боротьба з бур'янами, загортання рослинних залишків, мінеральних і органічних добрив тощо. Якщо менш за оптимальну, то варто ущільнювати ґрунт.

Таким чином, для вирішення задач підвищення ефективності вирощування с.-г. культур з урахуванням агрофізичних властивостей ґрунтів необхідно мати інформацію про стан ґрунтів за щільністю в кожній ґрунтово-кліматичній зоні і підзоні, щоб було можливим однозначно вибрати напрямок механічного обробітку ґрунту (розпушування чи ущільнення потребує даний ґрунт). Більша частина ґрунтів України має високу схильність до ущільнення і лише 10-15 % площ не підпадають під цю характеристику.

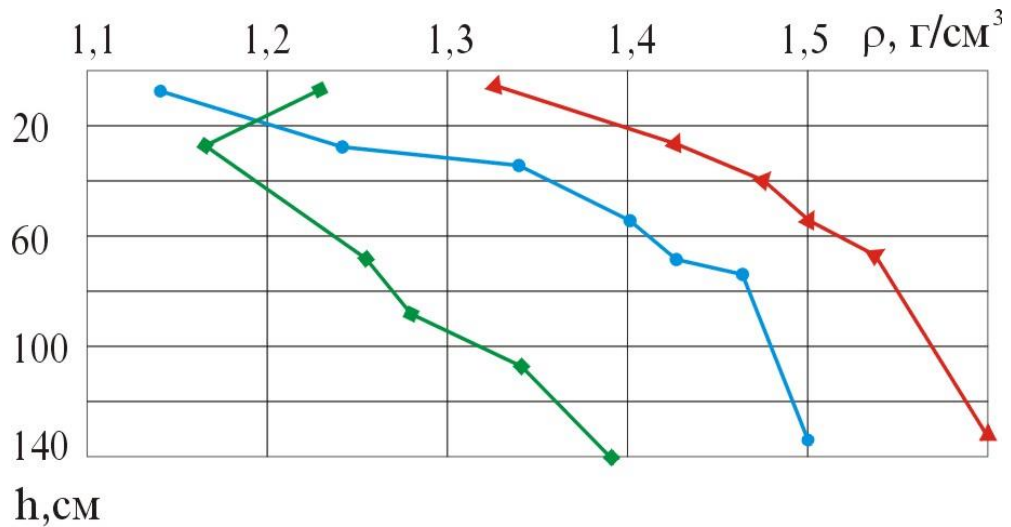


Рис.1.2 Розподіл рівноважної щільності ґрунту за горизонтами

- ▲▲ - чорноземні і темно-каштанові ґрунти;
- - темно-каштанові солонцюваті ґрунти;
- - дерено-середньопідзолисті ґрунти

Аналіз провінцій України (територій, виділених за сукупністю показників, що визначають своєрідність ґрунтового покриву, обумовлених місцевими особливостями клімату) з урахуванням вчення про "оптимальну" і "рівноважну" щільності ґрунту, дозволяє простежити деякі закономірності [7,8,9].

Так, наприклад, правобережна провінція (Херсонська, Житомирська і Київська обл.) має переважно ґрунти дерено-середньопідзолисті легкосуглинні на морені, дерено-слабопідзолисті глеєваті глинясто-піщані ґрунти на водно-льодовикових пісках, що у природному стані у шарах 0-10 см, 10-20 см, 20-30 см, 30-40 см мають в середньому щільність, відповідно, 1.47 г/см³, 1.59 г/см³, 1.56 г/см³ і 1.68 г/см³. Це говорить про те, що дані ґрунти вимагають глибокого обробітку на максимальну глибину родючого шару ґрунту. При цьому необхідно враховувати, що дана провінція характеризується на пів-вологим помірно континентальним кліматом, із середньорічною кількістю опадів 500-600 мм тому механічний обробіток ґрунтів зони

бажано проводити, коли ґрунт знаходиться в оптимальному за зволоженням стані.

Східна і північно-західна провінції (Харківська, Полтавська і Сумська обл.) характеризуються наявністю переважно ступними ґрунтами:

1) світло-сірі опідзолені ґрунти на льосах із середньою щільністю за горизонтами 0-10 см – 1.35 г/см³, 30-40 см – 1.47 г/см³. Вимагають глибокого механічного обробітку;

2) темно-сірі опідзолені ґрунти на льосах із середньою щільністю в шарах 0-10 см – 1.07 г/см³ і 30-40 см – 1.23 г/см³. Цій ґрунт в природному стані не вимагає основного обробітку. Тут доречним є механічний обробіток ґрунту при загортанні насіння і боротьбі з бур'янами;

3) чорноземи опідзолені на льосах із щільністю в шарах 0-10 см – 1.19 г/см³, 30-40 см – 1.26 г/см³. В природному стані не вимагають основного обробітку;

4) чорноземи деградовані на льосах із щільністю в шарах 0-10 см – 1.4 г/см³ і 30-40 см – 1.14 г/см³. Потребує розпушення лише верхній шар, тому що нижній знаходиться в оптимальному стані за щільністю для розвитку рослин.

Механічний обробіток в умовах перезволоження ґрунту неприпустимий;

5) чорноземи типові потужні мало суглинні на льосах із щільністю в шарі 0-10 см – 1.23 г/см³ і 30-40 см – 1.14 г/см³ не вимагають основного механічного обробітку. Зазначені райони характеризуються помірним і середньоконтинентальним кліматом. Кількість опадів змінюється в межах від 375 до 500 мм в рік.

Степова зона представлена чорноземами звичайними і південними. Провінція має помірно-континентальний клімат і недостатнє зволоження. Для цих провінцій характерні:

1) чорноземи звичайні середньо потужні мало гумусні з щільністю в шарах 0-10 см – 1.17 г/см³ і 30-40 см – 1.19 г/см³. Не вимагають основного механічного обробітку ґрунту;

2) темно-каштанові солонцюваті ґрунти на льосах із щільністю в шарах

					ДПАІ 25.08.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

0-10 см – 1.17 г/см³ і 30-40 см – 1.32 г/см³. Тут потребує механічного обробітку тільки нижній шар;

3) чорноземи південні на льосах із щільністю в шарі 0-10 см – 1.00 г/см³. У даному випадку необхідне механічне прикочування верхнього шару ґрунту.

З вищенаведених даних випливає, що в умовах Полісся необхідно проводити механічний обробіток ґрунту на глибину родючого шару не допускаючи роботи в перезволожені періоди стану ґрунту. В умовах лісостепу необхідно приділяти відповідну увагу пошаровій обробці ґрунтів, тому що щільність у шарах ґрунту часто коливається у великих межах. Буває доречним обробляти то поверхневий шар, то нижній шар, а на окремих ґрунтах, за певних умов механічний обробіток ґрунту виходячи із щільності і зовсім не потрібний. Обробіток на таких полях проводять для загортання насіння і боротьби з бур'янами. Ґрунти степової зони частіше вимагають механічного обробітку нижніх шарів ґрунту, без істотного обробітку верхніх, або взагалі його не вимагають. Існують ґрунти, що за певних умов вимагають механічного прикочування верхнього шару для доведення його до оптимальної щільності.

Усе це свідчить, наскільки важливо враховувати рівноважну щільність ґрунту і схильність ґрунтів до ущільнення на стадіях розробки технологій і засобів механізації обробітку ґрунту та пристосування техніки до зональних умов.

В умовах України можна спостерігати одну з чотирьох типових ситуацій, які найбільш часто зустрічаються:

- перша – з оптимальною щільністю ґрунту орного (0-20 см) і підорного (20-40 см) горизонтів, які не потребують механічного втручання для зміни щільності. Таких ґрунтів на території України 5085 тисяч га орних земель. До цих земель можна віднести ще 8720 тисяч га з оптимальною щільністю орного і незначним переущільненням підорного горизонтів, що відчутно не впливає на зниження врожаю;

					ДПАІ 25.08.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

- друга – з оптимальної для сільськогосподарських культур рівноважною щільністю орного горизонту і переущільненим підорним горизонтом, що вимагає розущільнення підорного горизонту з найменшим можливим впливом на орний горизонт. Загальна площа ґрунтів з такими характеристиками на Україні складає близько 2588 тисяч га орних земель;
- третя – з переущільненим поверхневим шаром (0-10 см) і оптимальною щільністю інших шарів орного і підорного горизонтів. Ці ґрунти вимагають поверхневого обробітку з метою приведення цього горизонту в стан, близький до оптимального. Площа таких ґрунтів \approx 1143 тисяч га;
- четверта – з переущільненим орним і підорним горизонтами. Для цих ґрунтів необхідний весь комплекс заходів щодо приведення щільності до оптимального стану. Ця ознака поєднує близько 5293 тисяч га орних земель України.

По інших орних землях України систематизованих даних щодо щільності немає, їх загальна площа складає близько 10 млн. га.

З огляду на вищевикладене вимоги до обробітку різних за станом ґрунтів будуть відрізнятися, отже, необхідний диференційований підхід до механізації основного, поверхневого і передпосівного обробітків ґрунтів. Переущільнені ґрунти необхідно розущільнювати, а для ґрунтів із щільністю близько до оптимальної – обмежуватися мінімальним впливом. Таким чином можна знизити енерговитрати на підготовку ґрунту на 25...30 %.

1.2 Диференційований структурний (агрегатний) склад ґрунту

У світовій практиці вважаються загальновизнаними такі поняття як “диференційована побудова орного горизонту” та “оптимізація фізико-механічних властивостей орного горизонту” [1].

Ґрунтуючись на результатах досліджень з оптимізації агрофізичних властивостей орного горизонту, він в результаті механічного обробітку

					ДПАІ 25.08.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

повинен мати диференційовану структуру і поділятися на три шари: надпосівний, посівний і підпосівний.

Задача надпосівного шару – збереження вологи в посівному і під посівному шарах, згладжування несприятливих погодних явищ, захист ґрунтів від ерозійних процесів.

Задача посівного шару – створення сприятливих умов для первісної стадії розвитку рослин з насіння.

Задача підпосівного шару – створення сприятливих умов для розвитку кореневої системи рослин, накопичення та збереження вологи в орному і коренемісткому горизонтах.

Зрозуміло, що різним ґрунтово-кліматичним умовам відповідають різні моделі оптимальної будови орного горизонту. Особливу увагу варто приділяти якості підготовки надпосівного і посівного шарів, як факторам, що визначають дружні сходи і розвиток рослин на ранній стадії, а також значно впливають на формування майбутнього врожаю. На жаль, до останнього часу, у нашому землеробстві якості передпосівного механічного обробітку ґрунту приділялося недостатня увага. Тому, оцінка роботи ґрунтообробних машин і відповідні агротехнологічні вимоги до над посівного, посівного і підпосівного шарів повинні бути основою для технологів і машинобудівників при розробці конструктивно-технологічних схем машин для проведення основного та передпосівного обробітків ґрунту.

1.3 Фізико-механічні та реологічні показники ґрунтів

Ґрунт і його стан характеризуються фізико-механічними і реологічними показниками, перелік яких досить великий. Це механічний склад, щільність, вологість, вологоємність і вологопроникнення, теплоємність і теплопровідність, група електрофізичних характеристик, модуль пружності і модуль зрушення і т.д. У процесі механічного обробітку ґрунту та вирощування сільськогосподарських культур частина з них змінюють свої

					<i>ДПАІ 25.08.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

значення, інші залишаються незмінними. З позиції механічного впливу на ґрунт, на наш погляд, можна обмежитися наступними характеристиками ґрунтів, які можуть у достатній мірі обумовлювати їх властивості:

1) фізико-механічні показники:

- коефіцієнт зовнішнього тертя ґрунту об сталь - f ;
- коефіцієнт внутрішнього тертя - μ ;
- зчеплення ґрунту - $C_0, \text{Н/см}^2$;
- коефіцієнт об'ємного зминання ґрунту - $q, \text{Н/м}^3$;

2) реологічні показники:

- модуль пружності при об'ємних деформаціях - $E, \text{Н/см}^2$;
- модуль пружності при деформаціях зрушення - $G_y, \text{Н/см}^2$;
- коефіцієнти об'ємної в'язкості - $\mu_v, \text{Н}\cdot\text{с/см}^2$;
- коефіцієнти в'язкості зрушення - $\eta, \text{Н}\cdot\text{с/см}^2$.

Крім перерахованих показників необхідно мати ще і універсальну характеристику міцності ґрунтів, що може послужити основою для розрахунку поверхонь робочих органів ґрунтообробних машин. При цьому необхідно відзначити, що всі перераховані показники повинні розглядатися в прямій залежності від вологості ґрунту, як однієї з основних характеристик ґрунтів, що визначає їхнє поведіння та щільність.

Реологічні показники ґрунту фактично є похідними від їх вологості та механічного складу. Тому, у ряді випадків, різні ґрунти в різних ґрунтово-кліматичних зонах, за певних умов можуть виявитися однаковими з погляду на механічний обробіток ґрунту. Причина полягає в тім, що в залежності від вологості ґрунту змінюються його реологічні показники. Таким чином, існує імовірність, що деякі ґрунти, маючи різний механічний склад при визначеній вологості, можуть мати в момент їхнього обробітку однакові реологічні показники і, отже, стан ґрунтів з позиції кришення і ущільнення буде ідентичним. Систематизація ґрунтів за реологічними властивостями у взаємозв'язку з вологістю відкриває широкі можливості для оцінки та аналізу

					<i>ДПАІ 25.08.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

показників роботи ґрунтообробної техніки, а також розширює діапазон застосування різних механізованих технологій.

1.4 Вологість ґрунту

Якість обробітку ґрунту залежить від стану конкретного ґрунту по вологості, а, отже, і термінів проведення механічного обробітку. При цьому наслідки для процесів, що відбуваються в ґрунті, також будуть різними. Тому необхідно мати ймовірнісну оцінку вологості ґрунту в момент проведення його обробітку і протягом вегетації сільськогосподарської культури, а також використовувати інформацію за довгостроковим погодним прогнозом, на підставі якої по наявних методиках, визначати вологість ґрунту для періодів проведення обробітків, а також вологозабезпечення рослин у різні вегетаційні періоди .

Для характеристики умов роботи техніки для обробітку ґрунту та вимог вирощуваних сільськогосподарських культур необхідно мати оцінку ймовірності вологості ґрунту у момент проведення його механічного обробітку і протягом вегетації сільськогосподарської культури. Оскільки провести таку оцінку для всієї території України трудомістка задача, вирішимо її на прикладі одного з районів Хмельницької області.

Потреба рослин у воді змінюється по фазах розвитку рослин. Для кожної рослини є критичні в цьому відношенні періоди. Витрата води по фазах розвитку озимої пшениці у відсотках від загальної її витрати представлені на рис.1.3. По наявності запасів ґрунтової вологи в критичний період можна зробити висновок: чи був даний рік сприятливим для конкретної культури. Застосування довгострокових прогнозів дозволяє зміщувати терміни посівів с.-г. культур у період більш сприятливих умов.

					ДПАІ 25.08.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

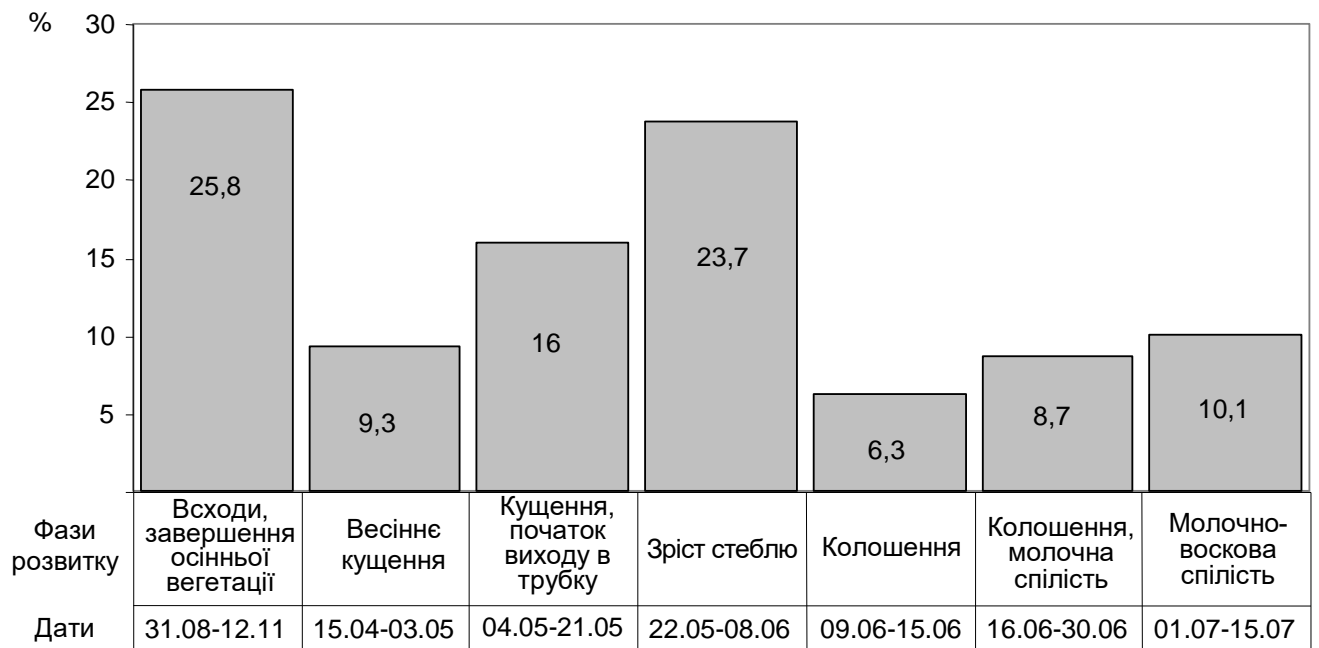


Рис.1.3 Витрата води по фазах розвитку озимої пшениці, у відсотках від загальної витрати

1.5 Вплив техногенного навантаження на зміну агрофізичних властивостей і розвиток деградаційних процесів у ґрунті

Оптимізація агрофізичних властивостей ґрунтів неможлива без аналізу деградаційних процесів, що виникають при механічному впливі на ґрунт. Дослідження, що були проведені в останні роки, дозволили розкрити та уточнити негативні явища сучасних механізованих технологій інтенсивного типу – збільшення щільності ґрунту та руйнування його структурного складу, викликані впливом сільськогосподарської техніки, що веде до зниження потенційної та ефективної родючості ґрунтів, появи незворотних зрушень у ґрунотворному процесі і значному зниженню врожайності сільськогосподарських культур. Зміну об'ємної маси ґрунту під впливом рушіїв тракторів і мобільної сільськогосподарської техніки можна вважати доведеною. Однак, випадає з поля зору інше джерело механічного ущільнення ґрунту. У наших експериментах виявлено, що при роботі плугів об'ємна маса утворених грудок у 1.24 рази вище, ніж вона була в цьому ж шарі до обробітку. При цьому в два рази зростає і значення середньоквадратичного відхилення об'ємної маси. Установлено, що вплив

робочих органів ґрунтообробних машин і знарядь також викликає ущільнення деякого об'єму ґрунту і утворює переущільнені брили та дно борозни. Для руйнування брил необхідні або додатковий обробіток, або тривалий час, коли під впливом вологи, промерзання і відтавання ґрунту вони зруйнуються. Тільки на шкідливе ущільнення брил ґрунту ґрунтообробними знаряддями із подальшим їх руйнуванням знаряддями додаткового обробітку ґрунту щорічно на Україні витрачається до 2...3 мільярдів кіловат-годин енергії.

Визнання факту ущільнення ґрунту робочими органами ґрунтообробних машин і утворення при цьому брил дозволяє сформулювати два наслідки:

- 1) наступні після основного механізованого обробітку ґрунту прийоми руйнування ущільнених брил і грудок приводять до створення дрібногрудковатої структури, що складається з уламків брил і грудок, які мають більш високу об'ємну масу агрегатів, чим до обробітку. Це приводить до того, що після усадки рівноважна щільність ґрунту збільшується. Збільшення рівноважної щільності в орному горизонті відзначається в багатьох дослідженнях ;
- 2) через неоднорідність полів напруг, що створюються робочими органами у брилах, щільність їх по перетину неоднорідна. Подальше кришення брил приводить до побудови орного шару з уламків ґрунту неоднорідної об'ємної маси. Отже, механізований обробіток веде до збільшення дисперсії об'ємної маси в орному горизонті.

Ці два явища – збільшення рівноважної щільності ґрунту і збільшення дисперсії об'ємної маси у верхньому шарі – наслідок тривалого інтенсивного механічного впливу на ґрунт. Вони ведуть до істотного зниження врожаю.

Ущільнення ґрунту веде до серйозного погіршення його водно-фізичних властивостей, таких як – вологоємність, швидкість освоєння поливної

					ДПАІ 25.08.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

води і водопроникність. Запас ґрунтової вологи в шарі 0...50 см при вирощуванні кукурудзи на ущільнених ділянках менше на 3...10 мм протягом усього періоду вегетації. Отже, установлюється схильність ґрунтів до посух і особливо це виявляється в екстремальних погодних умовах півдня України.

Не можна розглядати ущільнюючий вплив сільськогосподарської техніки на ґрунт за окремими операціями. Необхідно вивчати і прогнозувати ущільнення ґрунтів у рамках зональних і мікрозональних технологій у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах. Інтенсивний обробіток ґрунту приводить також до руйнування агрегатного складу, що спричиняє розвиток ерозійних процесів. У результаті надмірного ущільнення ґрунту і розвитку ерозії відбувається порушення екологічної рівноваги ґрунтових екосистем і, як наслідок, активна втрата гумусу. Дегуміфікація орних ґрунтів охопила, практично усі землеробські райони земної кулі і стає глобальною проблемою в рослинництві. Щорічні загальні втрати гумусу в орних ґрунтах України досягають 0,4...0,6 т/га. До інтенсивного розорювання чорноземи типові містили 9...10 % гумусу, зараз залишилося 4...5 %. Усе це свідчить про необхідність створення технологій обробітку ґрунту і комплексу знарядь з мінімальним ущільнюючим впливом на ґрунт, щоб не зашкоджувати відтворенню родючості ґрунту. Ця задача надскладна, але вона вимагає свого рішення.

1.6 Оцінка енергоємності механізованого обробітку ґрунту

Одним з ведучих напрямків науково-технічного прогресу в сучасному землеробстві є мінімізація прийомів механізованого обробітку ґрунту, що передбачає скорочення переліку технологічних операцій, зменшення кількості механічних обробітків ґрунту та ін. Мінімізація додає обробітку ґрунту ґрунтозахисний характер і її варто розглядати як важливу умову збереження і накопичення органічної речовини, усунення ущільнення і

					<i>ДПАІ 25.08.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

руйнування структури ґрунту, поліпшення його водно-повітряного режиму. Шаблонний підхід до вибору способу і глибини механізованого обробітку приводить до надмірної перевитрати енергії з одного боку, а з іншого, як уже відзначалося, зайве розпушування чи ущільнення ґрунту ведуть до зниження врожаю. При цьому ставиться задача не заміни одного способу обробітку ґрунту на інший, а заміни існуючих технологій вирощування сільськогосподарських культур на нові – ресурсозберігаючі.

Задачею механічного обробітку ґрунту є розпушування його з оборотом чи без обороту орного шару. Визначальним критерієм оцінки якості обробітку ґрунту є оптимальні значення показника кришення чи об'ємної маси ґрунту відповідно до ґрунтово-кліматичних умов вирощування сільсько-господарських культур. При цьому ґрунтообробне знаряддя повинне приводити ґрунт у необхідний стан шляхом створення в ньому мінімальних нормальних напруг з найменшим руйнуванням і ущільненням структурних агрегатів ґрунту. Для зниження енергоємності обробітку ґрунту необхідно створювати такі деформації, яким він чинить найменший опір. Експериментальні дані ряду авторів показують, що найбільший опір ґрунт робить при деформації стиску. Майже всі ґрунти мають межу міцності на стиск у кілька разів більшу, ніж на розтяг (розрив) і згин. Отже, кришення ґрунту бажано робити переважно за рахунок створення деформацій розтягу, зрушення і згину. Виникаючі при цих деформаціях зусилля не здатні руйнувати структури ґрунту і знижують енерговитрати на обробіток ґрунту. Руйнуванню внутрішніх зв'язків ґрунтів під дією зусиль розтягу при малих витратах енергії сприяє ще і те, що в ґрунтах існують пори, порожнечі і тріщини, що утворюють у шарі перетини слабких зв'язків, за лініями яких і руйнується ґрунтовий моноліт.

					<i>ДПАІ 25.08.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

1.7 Висновки за розділом

Збільшення виробництва продуктів рослинництва можливо тільки на базі розробки і впровадження науково-обґрунтованих зональних енергозберігаючих систем комплексної механізації землеробства, складовою частиною яких є раціональні системи механізації обробітку ґрунту. Основні особливості зональних систем механізованого обробітку ґрунту полягають, насамперед, у всебічному аналізі та врахуванні природнокліматичних і ґрунтових умов, з метою забезпечення стійких, в певних межах, врожаїв основних сільськогосподарських культур.

При цьому необхідно передбачити:

- збереження і відтворення родючості ґрунтів;
- зниження негативного впливу антропогенних і техногенних факторів на ґрунт;
- максимальне використання всіх потенційних ресурсів родючості ґрунтів;
- зниження витрат палива на основі енергозберігаючих технологій та прийомів обробітку ґрунту.

Тому, лише комплексний підхід до розробки механізованих технологій обробітку ґрунту і створення новітньої ґрунтообробної техніки дозволить привести їх у відповідність до вимог зонального землеробства.

					<i>ДПАІ 25.08.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

2 ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ТА ЇХ РОЗМІЩЕННЯ НА РАМІ ЗНАРЯДДЯ ДЛЯ ГЛИБОКОГО РОЗПУШУВАННЯ ҐРУНТУ

2.1. Технологічне завдання щодо основного глибокого безполицевого обробітку ґрунту

Інтенсивність виробництва сільськогосподарської продукції призводить до збільшення кількості технологічних операцій за доглядом за сільськогосподарськими культурами, що призводить до значного техногенного навантаження на ґрунти та втрати їхньої родючості.

Використання на полях масивної техніки і багаторазове проходження призводить до ущільнення орного і підорного горизонтів. Переуцільнення ґрунту має негативну дію на його фізичні показники, що в кінцевому результаті є причиною зниження родючості ґрунтів.

Ущільнений підорний горизонт має негативний вплив на ріст і розвиток сільськогосподарських рослин. У переуцільнені шари припиняється проникнення води з верхніх шарів, зменшується запас ґрунтової вологи, погіршується повітрообмін, та живильний режим рослин. В таких ґрунтах зменшується не тільки об'єм капілярних пор та їхня кількість. Так при ущільненні ґрунту з 1.25 до 1.62 г/см³ загальна пористість зменшується з 52 до 39 %. Це призводить до того, що при однаковій вологості, у результаті ущільнення ґрунту, зменшується кількість доступної вологи і збільшується кількість недоступної.

Підвищення щільності ґрунту призводить до збільшення його твердості й неоднорідності, що є причиною поганого проростання насіння. Ріст і розвиток рослин в такому середовищі проходить не активно, коренева система рослин розвивається погано і вміщується тільки у шарі 5-10 см. Цим же створюються умови дефіциту ґрунтової вологи і поживних речовин у вегетаційний період. Отже, у наслідок чого всі ці фактори впливають на зменшення урожайності сільськогосподарських культур.

					ДПАІ 25.08.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Багатьма дослідниками встановлено що кожному виду сільськогосподарських культур відповідає певне значення щільності ґрунту, що дозволяє одержати максимальний урожай. Якщо плуг у технологічному процесі можна замінити яким не будь іншим знаряддям із меншим зусиллям на ґрунт, то уникнути ущільнення ґрунту ходовими системами сільськогосподарських машин немає можливості. Тому процес ущільнення підорних і орних горизонтів неминучий і роль глибокого обробітку як одного із прийомів розуцільнення зростає.

Технологічна операція глибокого обробітку ґрунту являється складною і характеризується значними енергетичними показниками. З вище наведеного виникає необхідність у застосуванні ярусного глибокорозпушувача, що дасть змогу розуцільнити підорні горизонти ґрунту, зменшити енергетичні затрати в порівнянні з існуючими способами (чизелюванням, щілюванням та ін.) глибокого обробітку.

На важких переуцільнених ґрунтах України, під час обробітку ґрунту, стиск повітря в ґрунті не відбувається, протидія його стисканню різко зростає. Отже внаслідок цього, застосування корпусного плуга в таких умовах є недоцільними, так як руйнування пласта відбувається за рахунок деформації стискання. У зв'язку з цим зростає величина енергетичних витрат (підвищується питомий тяговий опір ґрунтообробного знаряддя), що призводить до зменшення якості розпушення. При обробітку важких переуцільнених ґрунтів, якщо використовувати деформації ґрунту на розтяг чи згин, можна у 10...20 разів зменшити зусилля на розпушення чим використовуючи напруження що стиску.

При обробітку ґрунтообробне знаряддя повинно призводити ґрунт в необхідний стан, завдяки створення у ґрунті мінімальних нормальних напружень з мінімальним руйнуванням структури ґрунту. Крім того вагомим завданням ґрунтообробних робочих органів є виконання технологічного процесу глибокого обробітку ґрунту. Виходячи з цього, зменшення енергетичних показників технологічної операції, необхідно створити такі

					ДПАІ 25.08.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

деформації, яким ґрунт чинить найменший опір. Такими деформаціями є деформація розтягу та згину. Виникаючі при цих деформаціях зусилля не здатні виконувати руйнування структури ґрунту. З метою зменшення енерговитрат на технологічний процес, конструкцією машини передбачено пошаровий обробіток ґрунту.

Після проходження робочих органів першого ряду виникає так звана зона при наявності двох відкритих стінок (від ґрунту), в якій відбувається процес сколу ґрунту робочими органами другого ряду (рис.2.1). В наслідок цього, руйнування шару ґрунту відбувається при меншій зусиллі.

Так коли передній робочий орган зминає певний об'єм ґрунту, то після нього, в процесі сколу шару ґрунту залишається вільний простір, який заповнюється об'ємом ґрунту деформованого заднім робочим органом. При цьому зусилля на зминання і руйнування ґрунту наступним робочим органом знижується як за рахунок зменшення об'єму деформованого шару, так і за рахунок відсутності підпори цьому шару зі сторони попереднього.

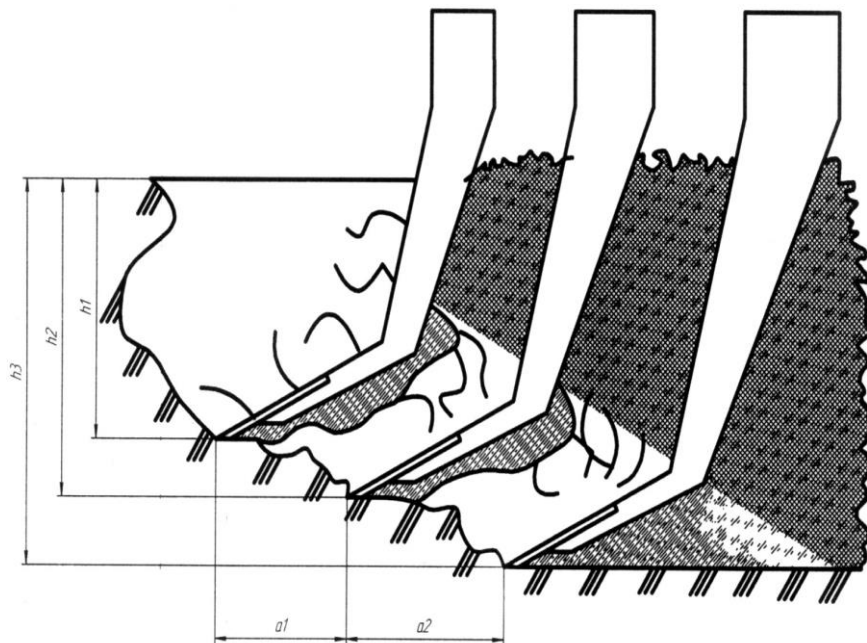


Рис. 2.1 Технологічний процес глибокого пошарового обробітку ґрунту

Пояснюється описане вище в характері розподілу напружень, які витрачаються на руйнування шару ґрунту. Для приведення в рух частинки

грунту яка знаходиться близько краю відкритої стінки, ніж коли вона буде знаходитись в суцільному середовищі потрібно менше зусилля [7]. Відповідно поздовжня відстань між робочими органами повинна бути рівна граничному шляху зминання ґрунту. Зменшення цієї відстані призведе до накладання зон деформації, а не приведе до блокування сколеного шару ґрунту наступним робочим органом по відношенню до попереднього. При збільшенні відстані між робочими органами першого і другого ряду, утворену ґрунтову порожнину заповнить ґрунт . Виникнення вищенаведених причин негативно позначиться на енергетичному показнику технологічного процесу. Аналогічна умова створюється після проходження робочих органів другого ряду по відношенні до робочих органів третього ряду.

Застосування глибокорозпушувач з пошаровим обробітком ґрунту на важких ґрунтах, за рахунок доцільного розташування робочих органів, є ефективним як з енергетичної сторони (зменшення тягового опору знаряддя у порівнянні з існуючими) так і з агрономічної (розущільнення нижніх шарів ґрунту).

Застосування ярусного глибокорозпушувача дає можливість розущільнити підорний шар ґрунту і внаслідок чого виникнуть сприятливі умови кращому накопиченню та збереженню ґрунтової вологи, проникнення її в нижніх шарах, глибошому розгалуженню кореневої системи що значно покращить живильний режим ґрунту. Водночас поліпшаться умови повітрообміну.

Наведені вище причини позитивно вплинуть на збільшення урожайності сільськогосподарських культур.

Таким чином, застосовування глибокорозпушувача з пошаровим обробітком ґрунту дасть змогу розущільнити підорний шар ґрунту, покращити якість обробітку ґрунту за рахунок застосування деформації здвигу при руйнуванні пласта, та його роботи в умовах «вільного різання ґрунту».

					<i>ДПАІ 25.08.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

2.2 Обґрунтування параметрів розпушувальних лап другого і третього ряду знаряддя

Зусилля, затрачуване на деформацію ґрунту, пропорційно площі впливу робочого органа на ґрунт. Отже, чим менше ширина захоплення лапи "b" тим нижче тяговий опір робочого органа. Але з іншої сторони ширина його повинна забезпечити роботу до критичної глибини різання. Тому мінімальне значення "b" визначається, виходячи з досліджень Плющева Г.В. [14]:

$$b = \frac{a(4,2 + ctg\alpha)}{0,1 \frac{T}{\delta_{отр}} (1 + 3tg\psi) - 2,5} \quad (2.1)$$

де b – ширина захоплення лапи або долота;

a – товщина шару(глибина обробітку), що руйнується, робочим органом;

$\frac{T}{\delta_{отр}}$ - характеристика фізико-механічних властивостей ґрунту;

$\frac{T}{\delta_{отр}} = 500 \dots 100;$

α – кут кришення ($\alpha < 45^0 - \varphi/2$).

Однак визначальний вплив на вибір ширини ступіні повинний робити якість кришення ґрунту.

Слід зазначити, що на заглиблення робочих органів чизельних знарядь у ґрунт істотно впливає кут кришення α та кут різання β розпушувальних лап (рис. 2.2.). При цьому за критерій заглиблення робочих органів у ґрунт може бути прийнята величина кута ψ , що характеризує нахил площини сколювання шару перед леза.

Чим більше кут ψ , тим вище заглиблення робочих органів [16].

В існуючих конструкціях чизельних знарядь передбачене верхнє заточення розпушувальних лап з метою забезпечення міцності леза і стійкості ходу по глибині.

					ДПАІ 25.08.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Величину кута ψ , при роботі долотоподібних розпушувальних лап можна визначити по відомій формулі [17].

$$\psi = 90^{\circ} - \frac{\alpha + \mu + \gamma}{2} \quad (2.2)$$

де μ - кут тертя ґрунту по сталі;

γ - кут внутрішнього тертя.

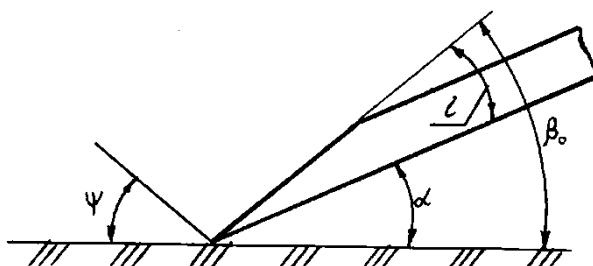


Рис. 2.2. Форма різальної крайки наральника глибокорозпушувача

З попереднього вираження випливає, що величина кута ψ зростає зі зменшенням кута α , а, отже, поліпшуються умови занурення робочих органів. Виходячи з необхідної якості розпушування ґрунту і зниження тягового опору чизельного знаряддя, кут кришення α повинен бути в межах 25-30 [3].

Звичайно розпушувальні лапи чизельних знарядь, розраховані для обробки ґрунту на глибину більш 30 см з метою забезпечення надійної міцності леза і стійкого ходу по глибині, мають комбіноване заточення крайки, що ріже, (рис. 2.2). У цьому випадку на лапах значної товщини (більш 12 мм) утворюють фаску під кутом $i = 20-22^{\circ}$ [3], здатність до занурення лап визначають головним чином кутом різання β_0 .

Якщо виразити кут кришення α через кут різання β_0 формула для визначення кута ψ прийме вид:

$$\psi = 90^{\circ} - \frac{\beta_0 - i + \mu + \gamma}{2}$$

де i – кут загострення леза.

Зі зменшенням кута β_0 і збільшенням кута i величина кута ψ , як видно з вираження зростає. Отже, для забезпечення гарної заглиблення робочих органів доцільно вибирати малі значення кута β_0 , якщо при цьому якість розпушування ґрунту відповідає пропонованим вимогам.

В експериментальних досвідах кращі результати по якості роботи і задовільне занурення знаряддя в ґрунт при обробці на глибину 30-45 см забезпечили розпушувальні лапи з кутом різання $\beta_0 = 47 - 52^\circ$ і кутом загострення $i = 20 - 22^\circ$. При цьому значення кута ψ при роботі чизеля на чорноземах по стерні пшениці склало $42 - 45^\circ$, середнє значення кутів μ і ϕ відповідно рівні 25° і 40° .

2.3 Обґрунтування розташування робочих органів відносно один одного на рамі знаряддя

Для зниження питомого стискального зусилля використовуємо методи раціональної взаємодії зон деформації ґрунту між робочими органами. Необхідно представити процес відриву блоку ґрунту. Саме в цей момент він робить складний рух, частково переміщаючи уздовж напрямку руху знаряддя, частково відбувається переміщення нагору, як би сковзаючи по похилій поверхні робочого органа. Аналогічно працюють три ряди робочих органів розроблювального знаряддя. Блоки, що сколюються, від другого і третього ряду робочих органів, у момент відколу при здійсненні складного переміщення уздовж i нагору, випробують опір сили ваги зруйнованого ґрунту верхнього шару, що істотно впливає на тяговий опір при глибокому обробітку ґрунту.

Спостерігаючи, більш уважно, за процесом роботи застосовуваних робочих органів, знаходимо що з тильної сторони утвориться напіввільний простір, що звільняється сколеним блоком при переміщенні його уздовж i вверх. необхідно розташувати робочі органи в подовжньому напрямку так, що ґрунту наступного ряду, що сколюються би блоки, робочих органів, при здійсненні складного руху уздовж i нагору входили у вільний простір за

					<i>ДПАІ 25.08.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

тильною стороною робочих органів попереднього ряду. Це істотний фактор до зниження стискального зусилля, тому що блоки, що сколюються, не випробують істотного опору з боку зруйнованого ґрунту верхнього шару. Це сприяє нормальному процесові руйнування ґрунту в нижніх шарах, що дуже важливо для показника якості глибокого обробітку.

Стойки теж створюють опір стискальному зусиллю, але тому що при виконанні робочого процесу вони проходять у зоні зруйнованого ґрунту, їхній опір істотно нижче, якщо б вони працювали безпосередньо в зоні руйнування (як серійні чизельні знаряддя). При визначенні подовжньої відстані між робочими органами необхідно врахувати два обмежуючі фактори. При зменшенні відстані ефект заповнення напіввільного простору блоками ґрунту, що сколюються, від нижче розташованих робочих органів, з деякого моменту створює негативний момент на зниження стискального зусилля, тому що блок наступного робочого, що сколюється, органа входить у зону розташування попереднього робочого органа, відбувається процес заклинювання.

Другий фактор. При збільшенні відстані ефект зникне, тому що блок, що сколюється, буде зазнавати утиску верхнього зруйнованого шару. Інакше кажучи, процес роботи знаряддя можна розглядати, як роботу трьох окремих знарядь: чизельний культиватор; чизельний плуг для основної обробки ґрунту; чизельний глибокорозпушувач. Визначаємо відстань між робочими органами в подовжньому напрямку. Під тиском робочої поверхні робочого органа, при його впровадженні в ґрунт на величину „s”, називану граничним шляхом зминання ґрунтів, відбувається пластичне деформування з ущільненням ґрунту під дією нормальних стискаючих напруг. В результаті цього утвориться поверхня руйнування внутрішніх зв'язків дотичними напруженнями і відбувається відділення блоку ґрунту.

Процес руйнування ґрунту робочим органом складається з двох періодично повторюваних фаз: стиск і руйнування. При цьому рух шару ґрунту по поверхні розпушувальної лапи відбувається з меншою швидкістю, чим

					ДПАІ 25.08.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

швидкість руху робочого органа. На підставі існування лінійної залежності між напругами і деформацією ґрунтів до меж руйнування можна прийняти, що зміна інтенсивності тиску робочої грані на ґрунт пропорційно зміні обсягу зім'ятого ґрунту [10]. Наслідком подальшого проникнення лапи в ґрунт є виникнення в ній напруженого стану. Стискуючись, ґрунт чинить опір подальшому проникненню клина. Найбільш можливе ущільнення ґрунту і відповідно, нормальний тиск на робочій поверхні визначає момент руйнування ґрунтового шару.

Результуюча від нормальних тисків ступіні на ґрунт сила дорівнює:

$$N = g \cdot V,$$

де g – коефіцієнт об'ємного стиску ґрунту;

V – обсяг ґрунту, що мнеться.

Сила тертя відхиляє результуючу на кут зовнішнього тертя:

$$R_{cm} = \frac{gV}{\cos\mu} \quad (2.3)$$

З огляду на значну глибину обробки ґрунту обсяг ґрунту, що мнеться, буде дорівнює [10]:

$$V = \frac{1}{2} bk^2 \sin \alpha \cdot \cos \alpha + bk \cdot \sin \cdot (s - k \cos \alpha) \quad (2.4)$$

де b – ширина долотоподібної лапи;

k – довжина долотоподібної лапи;

s – шлях граничного зминання ґрунту.

Підставивши (2.4) у (2.3) одержимо:

$$R_{cm} = \frac{gbk \sin \alpha \cdot (s - k \cos \alpha)}{\cos\mu} \quad (2.5)$$

$$\max \left\langle \left| \tau_{np} \right| - (C_0 + \xi_n \operatorname{tg} \varphi) \right\rangle = 0$$

Напруги в крапках області граничної рівноваги визначається системою трьох рівнянні:

$$\left. \begin{aligned} \frac{d\xi_x}{dx} + \frac{d\tau_{xy}}{dy} &= \rho, \\ \frac{d\tau_{xy}}{dx} - \frac{d\xi_y}{dy} &= 0, \\ \frac{(\xi_x - \xi_y)^2 + 4\tau_{xy}}{(\xi_x + \xi_y + 2C_0 \operatorname{ctg} \varphi)^2} &= \sin^2 \varphi \end{aligned} \right| \quad (2.6)$$

Система цих рівнянні характеризує граничний стан і обрис лінії ковзання.

Нормальна напруга до поверхні ковзання, за умови, що дана поверхня поширюється під кутом до дна борозни і для $0 \leq \varphi \leq \pi/2$ ($\varphi = 45^\circ - \varphi/2$) (12), можна визначити з вираження;

$$\xi_n = \frac{\cos^2 \varphi}{1 - \sin \varphi} e^{\left(\frac{3}{2}\pi - 2\varphi + \varphi\right) \operatorname{tg} \varphi} \left(\frac{\rho a}{2} + C_0 \operatorname{ctg} \varphi \right) \quad (2.7)$$

де ρ - щільність;
а - глибина обробки.

Зусилля граничної рівноваги визначається вираженням:

$$Q_{np} = \frac{\xi_n F_{сд}}{\cos \varphi}, \quad (2.8)$$

де $F_{сд}$ – площа зрушення

Площа зрушення ґрунту клином представляють у виді суми площі прямокутника з підставою, рівною ширині клина і двох площ частини конуса, утворених по обидва боки клина [13]. Для конкретного випадку, з урахуванням відкритої стінки борозни і накладенням зон деформацій від робочих органів у горизонтальній і вертикальній площинах, площа зрушення ґрунту робочим органом наступної лапи буде включати площу частини конуса і частина площі прямокутника.

Визначаємо площу поверхні блоку, що сколюється, від робочого органа першої ступіні. Площа складається з прямокутника із шириною, рівній ширині захоплення робочого органа і двох частин (1/2) поверхні конуса.

$$F_1 = \frac{b_1 a'_1}{\sin \psi} + \frac{\pi (a'_1)^2}{2 \operatorname{tg} \psi_1 \sin \psi_1} \quad (2.9)$$

де b_1 - ширина захоплення розпушувальної лапи першого ряду;

a_1 - товщина шару, що руйнується, першим рядом;

ψ_1 - кут зрушення в поперечному напрямку руху агрегату.

Аналогічно виробляється розрахунок для визначення площі поверхні блоків, що сколюються, другим і третім рядом робочих органів, фактично ця площа збільшується тому що приходиться руйнувати гряди, що залишилися, недозволених попереднім рядом робочих органів. Відповідно необхідно ввести коефіцієнти визначені графоаналітичним методом, тоді маємо:

$$F_2 = \left(\frac{b_2 a'_2}{\sin \psi} + \frac{\pi (a'_2)^2}{2 \operatorname{tg} \psi_1 \sin \psi_1} \right) 1.08, \quad (2.10)$$

$$F_3 = \left(\frac{b_3 a'_3}{\sin \psi} + \frac{\pi (a'_3)^2}{2 \operatorname{tg} \psi_1 \sin \psi_1} \right) 1.13, \quad (2.11)$$

де b_2, b_3 - ширина захоплення розпушувальної лапи другого і третього ряду;

a_2, a_3 - товщина шару, що руйнується, другим і третім рядом.

Таким чином, підставимо (2.7) і (2.10) у (2.8) одержимо:

$$Q_{\text{пр}} = \frac{\cos^2 \varphi e^{\left(\frac{3}{2}\pi - 2\phi + \varphi\right) \operatorname{tg} \varphi} \left(\frac{\rho a}{2} + C_0 \operatorname{ctg} \varphi \right) \times \left(\frac{ba}{\sin \psi} + \frac{\pi a^2}{2 \operatorname{tg} \psi_1 \sin \psi_1} \right)}{(1 - \sin \varphi) \cos \varphi} \quad (2.12)$$

Тому що $R_{\text{см}}$ - максимальне зусилля стиску ґрунту до утворення поверхні ковзання елементів ґрунту, а $Q_{\text{пр}}$ - зусилля граничної рівноваги ґрунту в площині зрушення, те отже:

$$R_{\text{см}} = Q_{\text{пр}},$$

Дорівнюючи вираження (2.5) і (2.11), Визначимо граничний шлях зминання ґрунту:

$$S = \frac{A \left(\frac{\rho a}{2} + C_0 \operatorname{ctg} \varphi \right) \times \left(\frac{b a'}{\sin \psi} + \frac{\pi a^2}{2 \operatorname{tg} \psi_1 \sin \psi_1} \right) \cos \mu}{q b k \sin \alpha} + 0.5 k \cos \alpha, \quad (2.13)$$

де $A = \frac{\cos^2 \varphi e^{\left(\frac{3}{2} \pi - 2\varphi + \varphi \right) \operatorname{tg} \varphi}}{(1 - \sin \varphi) \cos \varphi}$ - є функцією вугілля внутрішнього тертя.

На підставі отриманої залежності можна зробити висновок, що відстань між розпушувальними лапами в подовжньому напрямку залежить від фізико-механічних властивостей ґрунту, глибини обробки, площі впливу розпушувальної лапи в поперечному напрямку.

2.4 Визначення тягового опору знаряддя

Тяговий опір робочого органа складається з тягових опорів розпушувальної лапи і стійки робочого органа.

$$P = P_{po} + P_{ст},$$

де P_{po} - зусилля опору розпушувального органа, Н;

$P_{ст}$ - зусилля опору стійки, Н.

Зусилля яке необхідно прикласти з боку розпушувальної лапи на ґрунт до її руйнування визначається формулою 2.8.

Тяговий опір твердої стійки теоретично визначити важко, тому використовуючи емпіричні дані рис. 2.4, (19). визначимо опір стійки за графіком відповідно до товщини стійки.

Як видно з рис.2.4 круглої форма стояки дозволяє знизити її тяговий опір ні 5...10 % по порівнянні з прямокутною. Тому незначне округлення лобової грані стійки дозволить одержати зниження тягового опору.

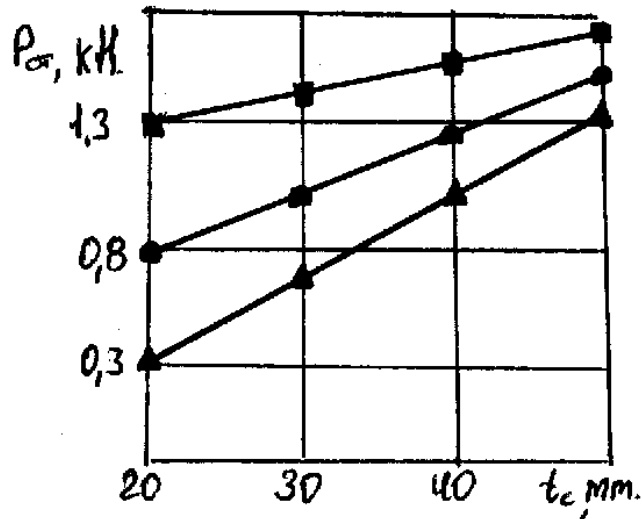


Рис. 2.4. Тяговий опір стійки в залежності від її форми лобової частини [14]:

- ∅ – кругла форма лобової частини стійки;
- ▽ – клиноподібна форма лобової частини стійки;
- – прямокутна форма лобової частини стійки

2.5 Розрахунок параметрів робочих органів

2.5.1 Розрахунок подовжньої відстані між робочими органами з урахуванням раціональної взаємодії зон деформації ґрунту

Зробимо безпосередній розрахунок параметрів робочого органа, а також розташування робочих органів відносно один одного на рамі знаряддя.

Вихідними даними при цьому для розрахунку є (18):

- а) коефіцієнт зовнішнього тертя ($\text{tg } \mu$; $\mu = 30^0$);
- б) коефіцієнт внутрішнього тертя ($\text{tg } \varphi$; $\varphi = 30^0$);
- в) глибина обробітку ґрунту ($a = 35\text{-}40$ см);
- г) коефіцієнт об'ємного зминання ґрунту ($g = 200 - 240$ Н/см);
- д) кут поперечного відколу ґрунту ($\varphi_1 = 52^0$);
- в) коефіцієнт зчеплення ($C_0 = 1,1$ Н/см);

Необхідно визначити кут ψ , що характеризує нахил площини сколювання

шару перед леза, по формулі (2.2): $\psi = 90^0 - \frac{24^0 + 30^0 + 42^0}{2} = 42^0$;

Приймаємо $\psi = 42^0$.

Визначаємо мінімальну ширину наральника робочих органів з умови критичної глибини розпушування ґрунту, по формулі (2.1):

$$b_1 = \frac{a'(4,2 + \text{ctg}\alpha)}{\frac{0,1\Gamma}{\xi_{\text{отр}}}(1 + 3\text{tn}\psi) - 2,5},$$

де $\alpha \leq 45^0 - \varphi/2$; $\alpha \leq 45^0 - 42^0/2 = 24^0$.

- для другого ряду робочих органів: $b_2 = \frac{18(4,2 + \text{ctg} 24)}{0,1 \cdot 80(1 + 3\text{tn}41^0) - 2,5} = 4,9 \text{ см};$

- для третього ряду робочих органів: $b_3 = \frac{17(4,2 + \text{ctg} 24^0)}{0,1 \cdot 55(1 + 3\text{tn}41^0) - 2,5} = 6,9 \text{ см}.$

Приймаємо серійні долотоподібні розпушувальні лапи із шириною захоплення 70 см. Така величина ширини забезпечує нормальну роботу знаряддя умовам агротехнічних вимог, що впливає з рекомендації (3).

Поперечна відстань між робочими органами в кожному ряді обґрунтовано раніше, з аналізу роботи чизельних знарядді (3), складає 40 см. Саме ця відстань не допускає забивання між стійкими пожнивними залишками, і задовольняє агротехнічним вимогам якості обробки ґрунту на задану глибину. Шахове розташування робочих органів у трирядному знарядді, не допускає заклинювання брил між стійками, при відстані між стоїками в ряді 40 см. Що є основним недоліком серійно, що випускаються знарядді при роботі на переущільнених ґрунтах степової зони України.

Для визначення відстані між робочими органами в подовжньому напрямку, з урахуванням раціональної взаємодії зон руйнування між рядами, скористаємося раніше виведеною формулою (2.13). Обчислимо функції кута

внутрішнього тертя:
$$A = \frac{\cos^2 42^0 \cdot e^{\left(\frac{3}{2}\pi - 2 \cdot 42^0 + 42^0\right) \text{tg} 42^0}}{(1 - \sin 42^0) \cos 42^0} = 83,4 \text{ см},$$

Зробимо розрахунок відстані між робочими органами першого і другого ряду в подовжньому напрямку по формулі:

					ДПАІ 25.08.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

$$S_2 = \frac{A \left(\frac{\rho a_2}{2} + C_0 \operatorname{ctg} \varphi \right) \times \left(\frac{b_2 a_2'}{\sin \varphi} + \frac{\pi a_2'^2}{2 \operatorname{tg} \psi_1 \sin \psi_1} \right) \cos \mu}{g_2 b k \sin \alpha} + 0,5 k \sin \alpha;$$

де ρ - щільність ґрунту на даному рівні глибини, $\rho = 0,014$ Н/см;

k - довжина розпушувальної лапи, $k = 19$ см;

a_2 - глибина роботи робочих органів другого ряду, $a_2 = 33$ см;

g_2 – коефіцієнт об'ємного зминання ґрунту, приймаємо $g_2 = 210$ Н/см, тому що даний ряд робочих органів працює в зоні "плужної підшви".

$$S_2 = S_3 = 83,4 \frac{\left(\frac{0,014 \cdot 50}{2} + 1,1 \operatorname{ctg} 42^\circ \right) \times \left(\frac{b_3 a_3'}{\sin \varphi} + \frac{\pi a_3'^2}{2 \operatorname{tg} \psi_1 \sin \psi_1} \right) \cos 30^\circ}{g_3 b_3 k \sin \alpha} + 0,5 \cdot 19 \sin 24^\circ = 19,95 \text{ см}$$

2.5.2 Розрахунок параметрів стрілкової розпушувальної лапи першого ряду

Зробимо розрахунок параметрів стрілкової розпушувальної лапи першого ряду, що працює на глибину 15 см.

Визначаємо значення співвідношення ζ_p/ζ_3 по формулі (2.15):

$$\frac{\zeta_p}{\zeta_3} = \frac{\operatorname{tg} \left(45^\circ - \frac{42^\circ}{2} \right)}{\operatorname{tg} \left(45^\circ + \frac{42^\circ}{2} \right)} = 18,5 \text{ см}$$

Підставивши отримане значення у вираження (2.14) до одержимо значення максимального радіусові: $R = 15 \frac{0,01(1 + 0,198) + 0,024}{0,024(1 + 0,198)} = 18,5$ см,

Поперечний профіль розпушувальної лапи повинний мати в основі дугу окружності радіусом кривизни не більш 18,5 см для конкретних ґрунтових умові і глибини обробки ґрунту. Приймаючи в увагу, що отримано значення, що гранично допускається, дійсне значення приймаємо 15 см, відповідно до наявної конструкції розпушувальної лапи для чизельних

					ДПАІ 25.08.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

знарядь. Що забезпечує більш якісне кришення ґрунту, при роботі в умовах степової зони України.

Визначимо початковий радіус-вектор r_0 розпушувальної лапи по

формулі 2.18:

$$r_0 = \frac{15 + 8 - 5}{e^{0,314 \operatorname{tg} 42^\circ \cos 18^\circ}} = 14,26 \text{ см.}$$

2.5.3 Обґрунтування параметрів стійок робітників органів

Для визначення параметрів стійок робочих органів кожного ряду скористаємося аналогією з наявними знаряддями, що серійно випускаються. Маємо товщину стійок першого і другого ряду 20 мм, тому що перший ряд працює за аналогією чизельного культиватора, а другий за аналогією чизельного плуга для основного обробітку ґрунту. Третій ряд має товщину 30 мм, тому що працює за аналогією чизельного глибокорозпушувача.

2.4.4 Визначення тягового опору знаряддя

Для визначення тягового опору розпушувального робочого органу скористаємося формулою 2.8. Спочатку визначимо нормальна напруга до поверхні ковзання, за умови, що дана поверхня розташовується під кутом $\psi=42^\circ$ до дна борозни, по формулі 2.7:

$$\xi_{n1} = \frac{\cos^2 42^\circ}{1 - \sin 42^\circ} e^{\left(\frac{3}{2}\pi - 2 \cdot 42^\circ + 42^\circ\right) \operatorname{tg} 42^\circ} \left(\frac{0,014 \cdot 15}{2} + 1,1 \operatorname{ctg} 42^\circ \right) = 1,12 \frac{\text{Н}}{\text{см}^2}$$

Розраховуємо нормальні напруги до поверхні ковзання і площі зрушення (2,11), (2, 10) для робочих органів другого і третього ряду:

$$\xi_{n2} = \frac{\cos^2 42^\circ}{1 - \sin 42^\circ} e^{\left(\frac{3}{2}\pi - 2 \cdot 41^\circ + 42^\circ\right) \operatorname{tg} 42^\circ} \left(\frac{0,014 \cdot 18}{2} + 1,1 \operatorname{ctg} 42^\circ \right) = 1,138 \frac{\text{Н}}{\text{см}^2}$$

$$\xi_{n3} = \frac{\cos^2 42^\circ}{1 - \sin 42^\circ} e^{\left(\frac{3}{2}\pi - 2 \cdot 41^\circ + 42^\circ\right) \operatorname{tg} 42^\circ} \left(\frac{0,014 \cdot 17}{2} + 1,1 \operatorname{ctg} 42^\circ \right) = 1,13 \frac{\text{Н}}{\text{см}^2}$$

$$F_{\text{сд}2} = \left(\frac{7 \cdot 18}{\sin 42^\circ} + \frac{\pi \cdot 18^2}{2 \text{tg} 52^\circ \sin 52^\circ} \right) 1,08 = 263 \text{ см}^2,$$

$$F_{\text{сд}3} = \left(\frac{7 \cdot 17}{\sin 42^\circ} + \frac{\pi \cdot 17^2}{2 \text{tg} 52^\circ \sin 52^\circ} \right) 1,13 = 245 \text{ см}^2,$$

Опір розпушувальних робочих органів другого і третього рядів відповідно рівні:

$$P_{\text{р.о.2}} = \frac{1,138 \cdot 263}{\cos 42^\circ} = 402,7 \text{ Н},$$

$$P_{\text{р.о.3}} = \frac{1,13 \cdot 245}{\cos 42^\circ} = 372,5 \text{ Н}$$

Визначимо тяговий опір робочих органів для другого і третього ряду. Приймаємо товщину стояки другого виряджай 20 мм для стояки з круглою лобовою частиною і товщиною 20 мм, при $a = 30$ см – $P_{\text{ст.2}} = 0,8$ кН (для швидкості руху агрегату $V = 8$ км/ч) (19). Для визначення опору третього ряду, що мають товщину за мм і працюючих на глибину 40 см, необхідно скористатися залежністю, за якою заглиблення робочого органа на кожні наступні 10 см в глибину збільшують опір на 9 % [14]. Відповідно зусилля опору буде дорівнює:

$$P_{\text{ст.3}} = 1 + 1 \times 0,09 = 1,10 \text{ кН}.$$

Сумарний опір робочого органа другого і третього ряду, є опір стояки і розпушувального органа:

$$P_2 = 0,403 + 0,8 = 1,221 \text{ кН}, P_3 = 0,372 + 1,09 = 1,482 \text{ кН}.$$

Тому що в кожному ряді по 7 робочих органів, то опір розпушуванню складе:

$$P_p = P_d + 6 P_2 + 7 P_3, P_p = 5,271 + 6 \times 1,203 + 7 \times 1,462 = 24,09 \text{ кН}.$$

Для визначення загального опору агрегату необхідно визначити опір перекочуванню.

$$P_n = G f,$$

де G - маса знаряддя (сила ваги). розрахункова вага 1.8 т; f - коефіцієнт опору пересувань плуга в борозні (для чизельних знарядь $f = 0,4$ [14]).

$$P_n = 18,0 \times 0,4 = 7,2 \text{ кН}.$$

					ДПАІ 25.08.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Загальний опір складе: $P_o = P_p + P_{п}$, $P_o = 24,02 + 7,2 = 31,22$ кН.

Отриманий опір дозволяє агрегатувати знаряддя з трактором Т – 150 на II передачі з відповідним стискальним зусиллям на гаку 33,5 кН і робочою швидкістю руху 8,4 км/ч.

2.5.5 Розрахунок на міцність вузла кріплення стійок

Розміри болтів і спосіб кріплення стійок до рими знаряддя аналогічні знаряддям, що серійно випускаються. Для повної впевненості надійності даного з'єднання робимо розрахунок на зріз з'єднуючих болтів. Стойка кріпиться до рами знаряддя двома болтами. Аналізуючи випадки руйнування подібного з'єднання, на практиці аналогічні конструкції, завжди зрізується крайній болт, максимально вилучений від розпушувального органа.

Зусилля зминання складає опір ґрунту руйнуванні розпушувальною лапою робочого органа, також зусилля опір стійки при проході в зруйнованому шарі ґрунту. Вважаємо, що крапка додатка сили опору ґрунту є перетинання лінії крайки, що ріже, і подовжньої осі розпушувального органа.

Зусилля опору робочого органа відомо $R = 1,452$ кН. Напрямок сили до поверхні розпушувального органа складає кут 60° (Рис.2.5). Плечем діючої сили є перпендикуляр опущений з центра кріплення болта (поз. 1, Рис.3.2) на ліній дії сили.

Визначимо величину плеча графічно з урахуванням масштабу. Розглянемо стійку як двоплечій важіль, віссю якого є болт. Величина великого плеча, є плече дії сили (AB). Величина малого плеча, є міжцентрову відстань під болти (BP).

Для визначення сили зминання Р скористаємося формулою:

$$P = \frac{R}{|AB| \cdot |BC|},$$
$$P = \frac{1462}{0,83 \cdot 0,2} = 8807 \text{ Н.}$$

					ДПАІ 25.08.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

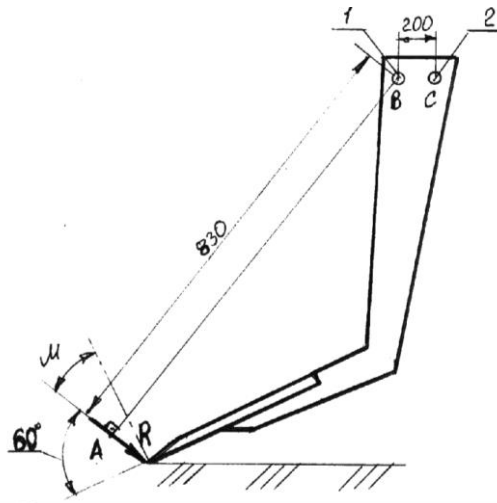


Рис. 2.5. Схема до розрахунку на міцність робочого з'єднання стійки з рамою

Болти виготовлені зі сталі 20ХГС, що відповідає дотичним напруженням:

$$\tau_{\text{ср}} = 15 \dots 18 \text{ кг/мм}^2 .$$

Дотичні напруження в місці змінання не повинні перевищувати що

допускаються, тобто $\tau_{\text{ср}} = P/F \leq |\tau_{\text{порівн}}|$.

де F – площа перетину, болта, мм, $F = \pi d^{2/2}$, а d - діаметр болта, мм,

Діаметр застосовуваних болтів 24 мм, то

$$F = \frac{3,14 \cdot 24^2}{2} = 914 \text{ мм}^2$$

Тогда,

$$\tau_{\text{см}} = \frac{8807}{904} = 8,7 \frac{\text{кг}}{\text{мм}^2} .$$

Що відповідає умові міцності. Запас міцності складає: $\frac{[\tau_{\text{ср}}]}{\tau_{\text{ср}}} = \frac{18}{8,7} = 1,34 \text{ рази}.$

2.6 Висновки за розділом

На підставі проведеного обґрунтування параметрів робочих органів ярусного глибокорозпушувача для основного обробітку під задані умови роботи було визначено конструктивно-технологічну схему знаряддя. Отримані результати досліджень і обґрунтувань дозволяють розробити робочі креслення ярусного глибокорозпушувача.

					ДПАІ 25.08.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

3 РОЗРАХУНОК ОПЕРАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КАРТИ ДЛЯ ОСНОВНОГО ГЛИБОКОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

Вихідні дані

Найменування операції – *глибокий обробіток ґрунту*

Агрофон – стерня.

Ухил поверхні поля $i = 3 \%$.

Питомий тяговий опір $K_0 = 29 \text{ кН/м}$.

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

Марка трактора – Т-150.

Основні агротехнічні вимоги

- Початок і тривалість виконання робіт з розпушуванні ґрунту встановлює агроном господарства відповідно до агрономічних термінів і станом ґрунту.
- Глибина обробітку ґрунту повинна бути в межах 45 – 50 см.
- Необхідно враховувати, щоб глибина обробітку ґрунту була більшою за глибину залягання нижньої границі «плужної підшви».
- Відхилення середньої глибини від заданої слідами наральників допускається не більш ніж 5 %.
- Над дном обробленого шару ґрунту допускаються гребені висотою до 45 % глибини обробітку при роботі чизельних плугів і до 20 % - при застосуванні плугів-розпушувачів.
- При оптимальній вологості в обробленому шарі повинні переважати грудки ґрунту розміром менш ніж 5 см.
- При роботі на стерньових фонах на поверхні поля зберігається 55-60 % стерні.
- На полях з ухилом більш 3^0 обробіток ґрунту варто робити поперек напрямку схилу.
- Робочі органи не повинні забиватися ґрунтом і рослинними залишками.
- Огріхи в обробленому полі не допускаються.

					ДПАІ 25.08.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

- При внесенні органічних добрив чизелювання проводять після дискування ґрунту.
- Поворотні смуги повинні бути розпушені. Необроблена поворотна смуга поля поблизу доріг і лісових посадок не повинна перевищувати 1 м.
- Дане знаряддя повинне забезпечувати необхідна якість роботи на ґрунтах різного механічного складу при вологості до 30 % і твердості до 3,5 мПа.

3.1 Розрахунок складу і режиму руху машинно-тракторного агрегату

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

Підбір с.-г. машини й альтернативних (можливих) робочих передач трактора

Підбирається комбінований агрегат. Альтернативні робочі передачі трактора визначаються з умови

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

де $V_{a \min}$, $V_{a \max}$ - відповідно мінімальні і максимальна агротехнічні швидкості для обраної с.-г. машини, $V_{a \min} = 6$ км/год, $V_{a \max} = 10$ км/год [15,16];

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

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

Швидкості $V_{a \min k}$ і $V_{a \max k}$ беруться з паспортних дані машини [17], а $V_{рн j}$ - з тягової характеристики заданого трактора на відповідному агрофоні [8]. Для альтернативних робочих передач трактора параметри тягової характеристики виписуються в таблицю 3.1.

					ДПАІ 25.08.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

Таблиця 3.1

Параметри тягової характеристики трактора Т-150 на агрофоні стерня

Передача J	Номинальн. крюковое зусил. $P_{крнj}$, кН	Швидкість, км/год		Пог. витр. пал. кг/год		Максим. кр. потужн. $N_{крmax j}$, кВт
		Номин. робоча $V_{рнj}$	Хол. ходу тракт. $V_{хj}$	Номіналь ний $G_{тнj}$	На холост. ходу $G_{тх}$	
1	40,2	7,35	8,5	26,6	9,6	81,8
2	38,2	8,4	9,6	26,0	10,0	82,3
3	34,8	9,1	10,8	25,5	10,2	81,6

Визначення питомого тягового опору с.-г. машини на альтернативних передачах трактора, кН/м [16]

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

де K_0 - питомий тяговий опір обраної с.-г. машини при швидкості $V_0 = 5$ км/год, $K_0 = 6,5$ кН/м ;

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

$\Delta C = 3$ %, люд./км.

$$K_{v1} = 6,5 [1 + (7,35 - 5) \cdot 3 / 100] = 6,9 \text{ кНм},$$

$$K_{v6} = 6,5 [1 + (8,4 - 5) \cdot 3 / 100] = 7,1 \text{ кНм},$$

$$K_{v8p} = 6,5 [1 + (9,1 - 5) \cdot 3 / 100] = 7,3 \text{ кНм},$$

Вибір робочої передачі трактора

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

$$\xi_p = \max(\xi_{pj}) \leq [\xi_p], \quad j = N..M, \quad (3.3)$$

$$\xi_{pj} = \frac{R_{aj}}{P_{крнj} - G \cdot i / 100}, \quad (3.4)$$

де L - номер обраної передачі трактора;

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

									Арк.
									50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДПАІ 25.08.00.00.000 ПЗ				

$$R_{aj} = n_{mj} (K_{vjk} \cdot B_{mjk} + G_{mjk} \cdot i/100) + G_{сцj} (f_{сц} + i/100), \quad (3.5)$$

$$R_{a1} = 1(6,9 \cdot 2,8 + 23 \cdot 3/100) = 20,35 \text{ кН},$$

$$R_{a2} = 1(7,1 \cdot 2,85 + 23 \cdot 3/100) = 20,92 \text{ кН},$$

$$R_{a3} = 1(7,3 \cdot 2,85 + 23 \cdot 3/100) = 21,49 \text{ кН},$$

$$\xi_{p1} = \frac{20,35}{40,2 - 52,42 \cdot 3/100} = 0,52 < [\xi_p],$$

$$\xi_{p2} = \frac{20,92}{38,2 - 52,42 \cdot 3/100} = 0,57 < [\xi_p],$$

$$\xi_{p3} = \frac{21,49}{34,8 - 52,42 \cdot 3/100} = 0,65 < [\xi_p].$$

Умові (3.3) відповідає 3 передача, тобто попередньо $L=3$,

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

$$W_{чч} = \max(W_{ччj}), \quad j = N..M \quad (3.6)$$

$$W_{ччj} = 0,1 \cdot B_{pj} \cdot V_{pj}, \quad (3.7)$$

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

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

$$V_{pj} \approx V_{рнj} + (V_{xj} - V_{рнj})(1 - \xi_{pj}), \quad (3.8)$$

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

$$V_{p2} \approx 8,4 + (9,6 - 8,4)(1 - 0,57) = 8,2 \text{ км/год},$$

$$V_{p3} \approx 9,1 + (10,8 - 9,1)(1 - 0,65) = 9,0 \text{ км/год},$$

$$W_{чч2} = 0,1 \cdot 2,8 \cdot 8,2 = 2,5 \text{ га/год},$$

$$W_{чч3} = 0,1 \cdot 2,8 \cdot 9,7 = 2,7 \text{ га/год},$$

Умові, (3.6) відповідає 3 передача, тобто остаточно $L=3$.

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

$$G_{тр} \approx G_{тн} - (G_{тн} - G_{тх})(1 - \xi_p), \quad (3.9)$$

					ДПАІ 25.08.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

де $G_{тх}$ - годинна витрата палива на холостому ході трактора на обраній передачі (див. табл. 3.1), [16, 17], кг/год.

$$G_{трз} \approx 25,5 - (25,5 - 10,2)(1-0,65)=20,14 \text{ кг/год.}$$

3.2 Режим роботи агрегату в загоні

Визначимо час, затрачуваний на корисну роботу за один прохід, визначаємо за формулою:

$$t_p = \frac{0,06 \cdot L_p}{v_p}, \quad (3.10)$$

де L_p – робоча довжина ділянки, м;

v_p – робоча швидкість руху агрегату, км/ч.

$$t_p = \frac{0,06 \cdot 960,8}{8,4} = 6,86 \text{ хв}$$

Визначаємо час, затрачуваний на один холостий поворот, визначаємо по формулі:

$$t_n = \frac{0,06 \cdot L_x}{v_x}, \quad (3.11)$$

де L_x - довжина холостого повороту агрегату, м;

v_x - швидкість руху агрегату при холостому повороті, км/ч.

$$t_n = \frac{0,06 \cdot 42,2}{8,0} = 0,32 \text{ хв.}$$

Визначаємо час одного циклу:

$$t_{ц} = 2t_p + 2t_x, \quad (3.12)$$

$$t_{ц} = 2 \times 6,86 + 2 \times 0,32 + 1 = 14,36 \text{ хв.}$$

Можлива кількість циклів:

$$t_w = \frac{T_{см} - T_{нц}}{t_{ц}}, \quad (3.13)$$

де $T_{см}$ – тривалість зміни, хв. Приймаємо, $T_{см} = 420$ хв.

$T_{нц}$ – витрати часу зміни на внецикловые елементи роботи агрегату, хв.

					ДПАІ 25.08.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

$$T_{\text{нц}} = t_{\text{пш}} + t_{\text{пнк}} + t_{\text{пн}} + t_{\text{к}} + t_{\text{o}} + t_{\text{опт}}, \quad (3,14)$$

де $t_{\text{пш}}$ – час на підготовку агрегату до переїзду, хв.

Приймаємо $t_{\text{пш}} = 5$ хв.

$t_{\text{пнк}}$ – час на переїзди на початку і наприкінці зміни, хв.

Приймаємо $t_{\text{пнк}} = 30$ хв.

$t_{\text{пн}}$ – час на одержання убрання і зміни, хв.

Приймаємо $t_{\text{пн}} = 4$ хв.

$t_{\text{к}}$ – час на очищення робочих органів, перевірку якості роботи, технологічні зупинки і на ТЕ машини в загоні.

Приймаємо $t_{\text{к}} = 20$ хв.

t_{o} – час на ЕТО трактори і машини. Приймаємо $t_{\text{o}} = 30$ хв.

$t_{\text{опт}}$ – час регламентованих внутрізмінних перерв на відпочинок і час на особисті потреби, хв. Приймаємо $t_{\text{опт}} = 30$ хв.

$$T_{\text{нц}} = 5 + 30 + 4 + 20 + 25 + 30 = 119 \text{ хв.}$$

$$n_{\text{ц}} = \frac{420 - 119}{15,26} = 19,72 \approx 20.$$

Уточнюємо Баланс часу роботи агрегату в загоні:

$$\begin{aligned} T_{\text{заг}} &= n_{\text{ц}} t_{\text{ц}} + T_{\text{н.ц}}, \\ T_{\text{заг}} &= 20 \cdot 15,26 + 119 = 424,2 \text{ хв.} \end{aligned} \quad (3,15)$$

Визначаємо коефіцієнт використання часу роботи агрегату в загоні:

$$\tau = \frac{n_{\text{ц}} t_{\text{ц}} n}{T_{\text{заг}}}, \quad \tau = \frac{20 \cdot 15,26 \cdot 7}{424,2} = 0,72 \quad (3,16)$$

3.3 Визначення показників ефективності роботи агрегату

Визначаємо продуктивність, га/год:

$$W_{\text{ч}} = 0,1 B_{\text{к}} V_{\text{р}} \tau, \quad (3,17)$$

$$W_{\text{ч}} = 0,1 \times 2,8 \times 9,0 \times 0,72 = 1,81 \text{ га/год}$$

Визначаємо витрати праці, люд.ч/га:

					ДПАІ 25.08.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

$$Z_T = \frac{m}{W_{\text{ч}}}, \quad (3.18)$$

де m – кількість робітників, що обслуговують агрегат, люд.

$$Z_m = \frac{1}{1,81} = 0,55 \text{ люд.ч/га}$$

Визначаємо площу, що обслуговується за зміну, га:

$$W_{\text{тсм}} = \frac{W_{\text{ц}} T_{\text{заг}}}{60}, \quad (3.19)$$

$$W_{\text{тсм}} = \frac{1,8 \cdot 420,6}{60} = 12,62 \text{ га/зм}$$

Витрата палива за один гектар зробленої роботи

$$g_w = G_{\text{тн}} / W_{\text{чч}}$$

$$g_w = 25,5 / 1,81 = 14 \text{ кг/га.}$$

Підготовка агрегату до роботи [17]

1. При підготовці знаряддя до роботи необхідно ретельно перевірити стан усіх вузлів і деталей, ослаблені кріплення підтягти, а деформовані деталі відремонтувати або замінити.
2. Складання агрегату в натурі і забезпеченість додатковими пристроями.
3. Випробування агрегату на холостому ході і в роботі.

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

3.4 Вибір способу руху агрегату по полю

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

- агротехнічних вимог;
- особливостей конструкції і складу агрегату;

					ДПАІ 25.08.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

- найменших витрат часу на холостому русі (за найбільшим значенням коефіцієнта робочих ходів φ або коефіцієнта використання часу руху $\tau_{дв}$) [16];
- найменших витрат праці і засобів на підготовку до роботи ділянки (розмітка, розбивка й ін.).

Коефіцієнт робочих ходів визначається по формулі

$$\varphi = S_p / (S_p + S_x), \quad (3.20)$$

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

$$S_p = \sum_{k=1}^{n_{px}} L_{pk} \approx L_{pср} \cdot n_{px}, \quad (3.21a)$$

$$S_x = \sum_{k=1}^{n_{xx}} L_{xk} \approx L_{xср} \cdot n_{xx}, \quad (3.21б)$$

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

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

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

Середня довжина робочого ходу визначається:

для кругового способу руху

$$L_{pср} = L/2 - E_{п}; \quad (3.22a)$$

для човникового способу руху

$$L_{pср} = L - 2E_{п}; \quad (3.22б)$$

де L - довжина полючи (гону), м;

$E_{п}$ - ширина поворотної смуги, м

$$E_{п} = n_{пр} \cdot B_p \geq E_{пmin}, \quad (3.23)$$

де $n_{пр}$ - кількість проходів агрегату на поворотній смугі

$$n_{пр} \geq E_{пmin} / B_p, \quad (3.24)$$

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

					ДПАІ 25.08.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

$$E_{\text{пmin}} = K_E \cdot R_0 + e + d_k, \quad (3.25)$$

де K_E - коефіцієнт, що залежить від способу повороту: для закритої петлі $K_E = 2$, для грушоподібного повороту $K_E = 2,8$;

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

e - довжина виїзду агрегату, м;

d_k - кінематична ширина агрегату з зовнішньої сторони повороту - для симетричних агрегатів $d_k \approx 0,5 \cdot B_p = 0,5 \cdot 2,8 = 1,4$ м [8].

Довжина виїзду для причіпного МТА $e \approx 0,5l_a$, де

$$l_a = l_T + l_M + l_{\text{цц}}, \quad (3.26)$$

де l_T , l_M , $l_{\text{цц}}$ - кінематична довжина відповідно енергетичного засобу, машин-знарядь і зчіпки : $l_T = 4,0$ м, $l_M = 3,2$ м, $l_{\text{цц}} = 0$ м

$$L_a = 4,0 + 3,2 = 7,2 \text{ м, } e \approx 0,5 \cdot 7,2 = 3,6 \text{ м,}$$

Для грушоподібного способу повороту

$$E_{\text{пmin}} = 2,8 \cdot 5 + 3,6 + 1,4 = 19,0 \text{ м, } n_{\text{пр}} \geq 19,0 / 2,8 = 6,79 = 7, E_{\text{п}} = 7 \cdot 2,8 = 19,6 \text{ м;}$$

Для повороту за допомогою закритої петлі:

$$E_{\text{пmin}} = 2 \cdot 5 + 3,6 + 1,4 = 15,0 \text{ м, } n_{\text{пр}} \geq 15,0 / 2,8 = 5,36 = 6, E_{\text{п}} = 6 \cdot 2,8 = 16,8 \text{ м.}$$

для кругового способу руху

$$L_{\text{рсп}} = 1000 / 2 - 16,8 = 483,2 \text{ м;}$$

Для човникового способу руху

$$L_{\text{рсп}} = 1000 - 2 \cdot 19,6 = 960,8 \text{ м;}$$

Середня довжина одного повороту визначається по формулі, м

$$L_{\text{хсп}} = K_x \cdot R_0 + 2e, \quad (3.27)$$

де K_x - коефіцієнт, що залежить від способу повороту: для закритої петлі $K_x = 6,0$; для грушоподібного повороту $K_x = 7,0$ [8].

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

Для грушоподібного повороту $L_x \approx 7 \cdot 5 + 2 \cdot 3,6 = 42,2$ м.

Прийнявши у формулах (3.21) $n_{\text{рх}} \approx n_{\text{хх}}$ по формулі (3.20) розраховується:

Для кругового способу руху $\varphi = 2899,2 / (2899,2 + 223,2) = 0,928$;

					ДПАІ 25.08.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Для човникового способу руху $\varphi = 6725,6/(6725,6+295,4)=0,958$.

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

Таблиця 3.2

Послідовність і тривалість роботи МТА

Операція	Повт орніс ть	Пере дача	Швид. руху, км/год	Продовження. операції, хв		Об'єм роботи, га
				цикл.	нецикл.	
1	2	3	4	5	6	7
Переїзд на поле $t_{в1}$	1	3	9,0	-	15	-
Робочий хід (початок) t_p	1	3	8,4	1	-	0,05
Контр. якості і регул. t_k	-	-	-	-	20	-
Робочий хід (кінець.) t_p	1	3	8,4	3,2	-	0,135
Поворот t_x	1	3	8,0	0,5	-	-
Очищення роб. орган. $T_{оч}$	-	-	-	0	-	-
Робочий хід t_p	1	3	9,0	5,6	-	0,258
Поворот t_x	1	3	8,0	0,5	-	-
Очищення роб. орган. $T_{оч}$	-	-	-	0	-	-
Разом за цикл $t_{ц}$	2	-	-	10,8	-	0,408
Разом за всі цикли $t_{ц} \cdot n_{ц}$	28	-	-	302,4	-	14,47
Внутрішнє ТО $t_{то}$	-	-	-	-	30	-
Задов. фізіол. потреб. $t_{ф}$	-	-	-	-	30	-
Переїзд на бригаду $t_{в2}$	1	3	9,4	-	15	-
Разом нецикл. $T_{нц}$	-	-	-	-		-
Разом за зміну $T_{см}^*$	$n_{ц}$	-	-		424	14,7

3.5 Контроль якості роботи та охорона праці

1. Контроль якості здійснюється:

1.1. Трактористом-машиністом у процесі роботи;

1.2. Приймальником - у процесі і по закінченню роботи.

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

3. Глибину розпушування визначають по ширині захоплення знаряддя на відстані 20 см від стикових проходів крайніх розпушувальних органів.

Відхилення глибини розпушування допускається до 5 % глибини обробітку.

4. Необхідно видалити за допомогою лопати розпушений шар ґрунту і провести вимір, згідно рис. 7.1 на листі «операційно-технологічна карта ...» .

Охорона праці

- Для забезпечення безпечної роботи агрегату не допускаються до роботи особи не минулого інструктажу з техніки безпеки, про що повинна бути зроблена відповідний запис у журналі.
- Стороннім особам не дозволяється знаходитися на працюючому агрегаті, а також у безпосередній близькості від нього.
- Забороняється ремонтувати або регулювати вузли трактора і ґрунтообробного знаряддя під час роботи двигуна.
- Забороняється робити ремонт знаряддя, коли його робочі органи підняті під дією гідроциліндра, не підставивши під знаряддя спеціально призначені для цього підставки.
- Не допускається робити очищення робочих органів руками. Для цього необхідно використовувати чистик, що поставляється в комплекті зі знаряддям.
- У тракторі повинне обов'язковому порядку знаходитися аптечка, що повинна бути цілком укомплектована.

3.6 Висновки за розділом

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

					ДПАІ 25.08.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ

4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів при експлуатації агрегату для глибокого обробітку ґрунту

При експлуатації ґрунтообробного знаряддя для глибокого обробітку ґрунту виникають механічні, термічні, і психологічні фактори, небезпечного і шкідливі для тракториста. Носіями небезпечних і шкідливих факторів є наступні: предмети праці, способи виробництва, продукти праці, енергія, природнокліматичні умови і виробниче середовище.

Усі шкідливі і небезпечні фактори можна розділити на три основних типи:

- 1) Фактори, зв'язані зі станом оператора;
- 2) Фактори, зв'язані зі станом машини і її готовністю до виконання технологічної операції;
- 3) Фактори, зв'язані з виробничим середовищем і її впливом на обслуговуючий персонал.

Відповідно до вищенаведеної класифікації при експлуатації ґрунтообробного знаряддя для поверхневого обробітку ґрунту можлива наявність наступних факторів:

- відсутність інструкції з ОП на робочому місці;
- що обслуговуючий персонал не пройшов інструктаж з ОП;
- що обслуговуючий персонал не пройшов медичний огляд і не має відповідних документів;
- монотонність праці;
- у гідравлічній начіпній системі, виявлена наявність тріщин, руйнувань і підтікання мастила;
- наявність підтікання охолодної рідини й мастила;
- температура повітря не відповідає ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарно-гігієнічні вимози до повітря робочої зони». Для теплого періоду року

					ДПАІ 25.08.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

категорії робіт II б температура повітря повинна бути в межі від 17 до 23° С, фактична ж температура складає 31° С;

- запиленість повітря не відповідає ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони». Для теплого періоду року категорії робіт II б запиленість повітря повинна бути до 10 мг/м³, фактична ж запиленість складає 80 мг/м³;

- шум не відповідає ДСН 3.3.6.037-99. Рівень шуму повинний бути до 85 дБ, фактична ж рівень шуму знаходиться в межах від 86 до 88 дБ;

- вібрація не відповідає ДСН 3.3.6.039-99;

- освітленість не відповідає СНіП II-4-79;

- наявність гострих крайок;

- небезпека від обертових частин;

- небезпека технічного і технологічного обслуговування знаряддя;

- непристосованість знаряддя до транспортування по дорогах;

4.2 Вимоги безпеки при проведенні основного обробітку ґрунту комбінованим ґрунтообробним знаряддям

4.2.1 Вимоги безпеки до технологічного процесу

Механізовані роботи з обробітку ґрунту необхідно проводити відповідно до вимог технологічних (операційних) карт, експлуатаційної документації і цих Правил.

В зоні навісних машин при розвороті машинно - тракторних агрегатів не повинні знаходитися люди.

Заміну, очищення і регулювання робочих органів навісних машин і знарядь, які знаходяться в піднятому стані, слід проводити після вжиття заходів, що запобігають їх самовільному опусканню.

Не допускається піднімання працівників на машини під час їх руху, а також спускання з них.

					ДПАІ 25.08.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

Кількість людей, які перевозяться в тракторі, визначається кількістю місць в кабіні.

Способи руху машин по внутрішньогосподарським дорогам і на полях повинні виключати випадки їх зіткнення. В темну пору дня, машини повинні працювати з усіма джерелами світла, які передбачені конструкцією машини.

Пересування машин і агрегатів до місця роботи і під час виконання робіт повинно здійснюватися відповідно до розроблених маршрутів і технологій.

4.2.2 Вимоги безпеки до обладнання

Трактори і сільськогосподарські машини повинні бути зручними і безпечними при технічному обслуговуванні. Усі машини повинні мати безпечний доступ на робоче місце.

Усі сільськогосподарські машини не повинні забруднювати навколишнього середовища (повітря, ґрунт, водойми) шкідливими викидами, бути джерелом пожеж, а матеріали, які застосовують при експлуатації і технічному обслуговуванні мають бути безпечними і нешкідливими для людей.

Спеціальними правилами безпеки передбачені вимоги до сидінь, електрообладнання, начіпних пристроїв, робочих органів тощо. До роботи допускаються лише технічно справні машини і знаряддя, що повністю відповідають вимогам безпеки. Нові відремонтовані, а також машини, що тривалий час не працювали, допускаються до роботи лише після їх обкатки і ретельної перевірки роботи всіх органів.

4.3 Розробка заходів щодо усунення можливих недоліків при роботі агрегату з комбінованими робочими органами для основного обробітку ґрунту

Загальні вимоги [18, 19] безпеки містять у собі підготовку, прийняття і реалізацію рішень по здійсненню організаційних, технологічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів, спрямованих на

					ДПАІ 25.08.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

забезпечення безпеки, збереження здоров'я працездатністю людини в процесі праці. Безпека виробничого устаткування, технологічних і трудових процесів є об'єктом якісної і кількісної оцінки по визначенню безпеки праці.

Таблиця 4.1

План заходів щодо забезпечення безпечних умов праці оператора

Найменування заходів	Вартість робіт, грн.	Термін виконання	Відповідальні за виконання заходів	Очікуваний ефект
Організаційні				
1. Провести усі види навчання працівників відповідно до "Типового положення про навчання, інструктаж і перевірку знань питань ОП"	160	Липень	Головний інженер, інженер по ОП	Зниження потенційної небезпеки і поліпшення умов праці
2. Мати на робочому місці інструкцію з ОП	-	Липень	Інженер по ОП	Те ж
3. Завести й оформити "Журнал реєстрації інструктажу з охорони праці"	10	До 1.08.25	Інженер по ОП	Те ж
4. Розробити карту контролю по показниках безпеки	-	До 1.08.25	Інженер по ОП	Те ж
Технічні				
1. Приведення технічного стану машини у відповідність з нормативно-технічною документацією	300	протягом року	Механік	Те ж
2. Комплектування машини відповідними наборами справного інструмента і пристосувань	200	протягом року	Механік	Те ж
3. Установка кондиціонера	1500	Липень	Механік	Те ж
4. Нанесення попереджувачих написів на захисних огородженнях	20	До 1.08.25	Інженер по ОП	Те ж
5. Ізоляція електропроводки	60	До 1.08.25	Електрик	Те ж
Санітарно-гігієнічні				
1. Забезпечення спецодягом, взуттям і ЗІЗ	400	До 1.08.25	Інженер по ОП	Те ж
2. Забезпечення аптечкою	50	1.08.25	Інженер по ОП	Те ж
3. Проведення медичних оглядів	100	протягом року	медпункт	Те ж

Таким чином, запропоновані заходи дозволяють значно знизити потенційну небезпеку, поліпшити умови праці працюючих і, як наслідок – підвищення продуктивності праці.

4.4 Організація контролю та забезпечення екологічності виробництва

Відповідно до закону України "Про охорону праці" відповідальними за безпечний стан робочих місць є безпосередні керівники робіт, що забезпечують відомчий контроль (голова фермерського господарства).

При господарських взаємодіях, ситуаціях купівлі-продажу, оренди, передачі об'єктів у розпорядження відповідальних особи, передача права володіння матеріальною відповідальністю однієї особи іншому спричиняє юридичну відповідальність за стан безпеки переданої технічної системи у виді об'єкта (машинній системи), процесу (технологічній системи).

Юридична особа несе відповідальність за раціональне використання виробничих ресурсів, основні з яких - матеріальні, трудові, фінансові. Юридична особа може покладати спеціальні функції і на інші особи, забезпечивши їхню атестацію.

Мобільні робочі місця (у даному випадку агрегат з комбінованим ґрунтообробним агрегатом) складають основну частку в матеріальних ресурсах і, через їхню підвищену небезпеку, поряд з матеріальною вимагають додаткової відповідальності за їх технічний стан і безпечну експлуатацію.

Ці види відповідальності залежать від організаційної структури господарства, набору кваліфікаційних вимог до атестуємих фахівців. Тому в процесі господарської діяльності необхідний розподіл відповідальності між особами, що забезпечують керування виробничими процесами. Якщо матеріально відповідальна особа не може бути атестована, як відповідальне за безпечний стан підвідомчої техніки, це покладається на старшого фахівця, що має відповідне утворення і допуск. Якщо техніка передається на

					<i>ДПАІ 25.08.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

обслуговування як зовнішня послуга, то в умовах договору визначається відповідальна особа. (В умовах фермерського господарства, а особливо не великих господарств, як правило вся відповідальність полягає на голові.)

При здійсненні послуг діагностування і технічного обслуговування майстер-діагност, майстер-наладчик фіксують результати контролю в первинній діагностичній, накопичувальній або карті технічного стану [20].

Якість безпеки оцінює особа, відповідальна за безпечну експлуатацію в ході приймання роботи, і при невідповідності контрольованої техніки вимогам даної карти не підписує акт приймання-здачі.

Для проведення інвентаризації, паспортизації й атестації робочих місць створюється комісія. В усіх випадках контролю комісією техніки по показниках безпеки обов'язкова присутність інженера по охороні праці.

Комісія в процесі контролю по Картах фіксує усі відхилення від норми і заносить їх (у випадку перевірки техніки при узятті в оренду, видачі з машинного двору) в акт приймання-здачі, а при перевірці техніки після її технічного чи обслуговування ремонту - у діагностичну карту.

В останній час, з впровадженням інтенсивних технологій збільшилась кількість комбінованих знарядь, що в свою чергу призводить до використання тракторів з більшою питомою вагою, що призводить до переущільнення ґрунтів.

В теперішній час існує безліч машин що борються з переущільненням ґрунтів. Зараз дуже гостро стоїть проблема з екологією при виробництві сільськогосподарської продукції.

Несприятлива дія глибокого обробітку ґрунту на навколишнє середовище може бути різним, але в основному внаслідок таких причин:

- машини для комбінованого основного обробітку ґрунту потребують потужних енергетичних засобів (Т-150, К-700, К-701 і т.п.), що в свою чергу призводить знову ж до переущільнення ґрунту, на глибину до 1м.;

					ДПАІ 25.08.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

- для півдня України недопустимо використання знаряддя для глибокого обробітку щороку;
- підтікання в гідравлічних з'єднаннях мастила.

4.5 Висновок за розділом

У даному розділі виявлені небезпечні і шкідливі фактори при підготовки ґрунту ґрунтообробним знаряддям. Представлено перелік параметрів контролю робочого місця тракториста по показниках безпеки. Установлено, що шкідливі фактори на робочому місці тракториста перевищують деякі припустимі величини. Усунення шкідливих факторів можливо шляхом правильного і своєчасного проведення технічного обслуговування і ремонтів трактора і ґрунтообробного знаряддя і дотриманням техніки безпеки.

					ДПАІ 25.08.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

5 ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА КОНСТРУКЦІЇ

Економічну оцінку нової ґрунтообробної машини необхідно робити в порівнянні з існуючими виробничими аналогами сільськогосподарської техніки..

Розробка нового знаряддя ґрунтувалася на базі центральної секції серійної машини ПГ 3-5 – ЯГР-2,8. Тому що знову розроблене знаряддя аналогічне чизельному знаряддю для глибокого розпушування ґрунту, то порівняльну оцінку необхідно зробити в порівнянні з чизельним плугом ПЧ-2,5. Обое знаряддя по тяговому класу відповідають тракторам класу – 30...40 КН та здатні працювати при виконанні операції глибокого основного обробітку ґрунту на глибину 25...30 см.



Чизельний плуг ПЧ-2,5

Розрахунок показників економічної ефективності застосування нового знаряддя для основного обробітку ґрунту виконаний з використанням методики, розробленої ВІСГОМ [23] стосовно до умов півдня України. Розрахунок базується на прогнозованому прирості врожайності озимої пшениці за рахунок стабілізації руху робочих органів по глибині і заданій щільності ґрунту в посівному шарі.

					<i>ДПАІ 25.08.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Річний економічний ефект (E_p) визначається як різниця приведених витрат по варіантах згідно формули [24]:

$$E_p = [(C_{ПВ} + E_B \cdot K_{ПВ}) - (C_{ПН} + E_H \cdot K_{ПН}) + Д] \cdot Q_H, \quad (5.1)$$

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

$K_{ПВ}$, $K_{ПН}$ – питомі капітальні вкладення по тим же варіантам, грн.;

E_B , E_H – нормативні коефіцієнти ефективності капітальних вкладень;

$Д$ – додатковий чистий дохід за рахунок збільшення кількості продукції;

Q_H – річний обсяг роботи.

З урахуванням методики галузева собівартість розроблювального знаряддя визначається з вираження [23,24]:

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

де P – чиста вага знаряддя, кг, $P = 2210$ кг;

Π – коефіцієнт конструкторської складності у порівнянні із серійним культиватором;

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

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

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

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

$$C_r = 2210 \cdot (1,0 \cdot 80 \cdot 1,19 + 180) + 3000 = 611192 \text{ грн.}$$

Нижня межа ціни розраховується по формулі

$$\Pi_{н.п.} = C_r + \Pi_n, \quad (5.3)$$

де Π_n – нормативний прибуток, грн.

					ДПАІ 25.08.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

$$\Pi_{\text{н}} = \frac{P_{\text{с}} \cdot C_r}{100}, \quad (5.4)$$

де $P_{\text{с}}$ – галузева нормативна рентабельність, $P_{\text{с}} = 7\%$

$$\Pi_{\text{н}} = \frac{7 \cdot 611192}{100} = 42783 \text{ грн.}$$

$$\Pi_{\text{н.п.}} = 611192 + 42783 = 653975 \text{ грн.}$$

Лімітна ціна (галузева)

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

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

$$\Pi_{\text{л}} = 1,2 \cdot 653975 = 784771 \text{ грн.}$$

Таким чином, галузева ціна зняряддя склала 784771 грн.

Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності приведені в таблиці 5.1.

Витрати труда

$$Z_{\text{т}} = m / W_{\text{тч}}, \quad (5.6)$$

де m – кількість обслуговуючого персоналу на агрегаті, чол;

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

$$Z_{\text{т}} = \frac{1}{3,8} = 0,26 \text{ чол.га/год}$$

Розрахунок вартісних показників зроблений у таблиці 5.2.

Таблиця 5.1

					ДПАІ 25.08.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

Техніко-економічна характеристика агрегатів

Показники	Нове ґрунтообробне знаряддя		Базове ґрунтообробне знаряддя	
	Величина	Джерело	Величина	Джерело
Марка трактора	T-150	Протокол випробувань	T-150	Протокол випробувань
Оптова ціна машини, грн.	784771	Розрахунок	465700	Прейскурант
Оптова ціна трактора, грн.	2 236 700	Прейскурант	2 236 700	Прейскурант
Продуктивність, га/год	1,81	Розрахунок	1,67	Розрахунок
Нормативне річне завантаження, га:				
Трактора	1950	н.д.м.*	1950	н.д.м.
Сільгоспмашини	360	н.д.м.	360	н.д.м.
Кількість обслуговуючого персоналу, чіл.	1	Розрахунок	1	Розрахунок
Тарифна ставка тракториста, грн./год.	38	н.д.м.	38	н.д.м.
Відрахування по трактору, %				
Реновація	24,5	н.д.м.	24,5	н.д.м.
Ремонт и ТО	22	н.д.м.	22	н.д.м.
Відрахування по с.-г. машині, %				
Реновація	14,2	н.д.м.	14,2	н.д.м.
Ремонт і ТО	16,0	н.д.м.	16,0	н.д.м.
Ціна 1 кг палива, грн.	42	н.д.м.	42	н.д.м.
Питома витрата палива, кг/га	14,0	н.д.м.	16,9	н.д.м.
Прибавка врожайності соняшника за рахунок якості розпушення ґрунту, %	7...12	Експеримент [7]	-	-
Додатковий прибуток за рахунок збільшення врожайності соняшника, грн./га	1800			

Таблиця 5.2

Розрахунок вартісних показників роботи знаряддя для поверхневого обробітку ґрунту

Показник	Нове ґрунтообробне знаряддя	Базове ґрунтообробне знаряддя
Операція поверхнева обробка ґрунту		
Зарплата, грн/га	$\frac{38}{1,81} = 21$	$\frac{38}{1,62} = 23,5$
Ремонтні відрахування і амортизація по трактору, грн/га	$\frac{1,1 \cdot 2236700 \cdot (24,5 + 22)}{100 \cdot 1,81 \cdot 1950} = 324,1$	$\frac{1,1 \cdot 2236700 \cdot (24,5 + 22)}{100 \cdot 1,62 \cdot 1950} = 362,2$
Ремонтні відрахування і амортизація по знаряддю, грн/га	$\frac{1,1 \cdot 784771 \cdot (14,2 + 16)}{100 \cdot 1,81 \cdot 360} = 400,1$	$\frac{1,1 \cdot 465700 \cdot (14,2 + 16)}{100 \cdot 1,62 \cdot 360} = 265,3$
Вартість палива, грн/га	$42 \cdot 11,5 = 483,0$	$42 \cdot 14,9 = 625,8$
Разом витрат, грн/га	1228,2	1276,8
Питомі капітальні витрати, грн/га	2179,9	1293,6

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

$$\mathcal{E}_r = [(1276,8 + 0,15 \cdot 1293,6) - (1228,2 + 0,15 \cdot 2179,9) + 1800] \cdot 360 = 617652 \text{ грн}$$

Строк окупності визначаємо по формулі:

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

$$T_k = \frac{784771}{617652} = 1,27 \text{ року.}$$

Таблиця 5.3

					ДПАІ 25.08.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

Техніко-економічні показники проекту

Показник	Базовий варіант	Новий варіант	Зміни, %
Годинна продуктивність, га	1,62	1,81	+11,7
Витрата палива, кг/га	16,9	14,0	-17,2
Ремонтні і амортизаційні відрахування, грн.	265,3	400,1	+150,1
Зарплата, грн/га	23,5	21,0	-10,6
Річний економічний ефект за рахунок планованого приросту врожайності, грн	–	617652	–
Строк окупності, років	–	1,27	–

5.1 Висновок за розділом

Показники економічної ефективності застосування нового знаряддя приведені в таблиці 5.3. Так продуктивність запропонованого варіанта вища на 11,7 % у порівнянні з базовим варіантом за рахунок збільшення швидкості руху внаслідок зменшення тягового опору. У розрахунках також враховано, що за рахунок покращених якісних показників роботи нового знаряддя можна збільшити врожайність с.-г. культур від 7 до 12 % [7]. Річний економічний ефект від впровадження нового знаряддя за рахунок зменшення тягового опору агрегату та покращення якісних показників роботи із зменшенням витрати на палива складає 617652 грн..

Виходячи з цих даних можна зробити висновок, що експлуатація нового знаряддя економічно доцільна.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Дипломний проект, на тему «Конструктивно-технологічне обґрунтування знаряддя для основного безполицевого обробітку переущільнених ґрунтів», виконаний відповідно до завдання на дипломний проект.

Існуючі знаряддя не забезпечують необхідне якості обробітку ґрунту основним агротехнічним вимогам, що вимагає проведення попередніх операцій із розпушення ґрунту.

В роботі розглянуті агротехнологічні підстави створення ґрунтообробної техніки для основного обробітку із розущільненням, проведено розрахунок робочих органів із розміщенням на рамі знаряддя для глибокого розпушування ґрунту, розраховано техніко-експлуатаційні показники роботи агрегата на базі трактора Т-150, визначені вимоги щодо безпеці життєдіяльності та надане техніко-економічне обґрунтування ефективності використання агрегату Т-150+ЯГР-2,8 для основного обробітку ґрунту із його розущільненням.

Зменшення тягового опору одержано за рахунок того, що розпушувальними робочі органи працюють в умовах напівблокованого різання ґрунту не на всю довжину зануреної частини робочого органа, тому що стоїки проходять у зруйнованому шарі, також за рахунок раціональної взаємодії блоків ґрунту, що сколюються, між рядами робочих органів. Умови роботи робочих органів другого і третього ряду відповідають вимогам «граничної глибини» різання ґрунту.

Проведені дослідження дозволяють отримати прогнозований річний економічний ефект у розмірі 617652 грн, а строк окупності нового агрегату – 1.27 року.

					ДПАІ 25.08.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Медведєв В.В. Оптимізація агрофізичних властивостей чорноземів. - М.: Агропромиздат, 1988. - 157 с.
2. Кук Д.У. Регулювання родючості ґрунту. - М.: Колос, 1970. – 474 с.
3. Качинський Н.А. Оцінка основних фізичних властивостей ґрунтів в агрономічних цілях і природної родючості за їх механічним складом // Ґрунтознавство. -1958. - № 5. - С. 10-13.
4. Агрокліматичний довідник по Хмельницькій області. - М.: Гідрометеоздат, 1992. - 347 с.
5. Труфанов В.В.. Глибоке чизелювання ґрунту. - М: ВО «Агропромиздат», 1989 - 140 с.
6. Моргун Ф. Т., Шикун Н. К. Ґрунтозахисне безполіцеве землеробство. - М: Колос, 1984. - 297 с.
7. Шевченко І.А. Керування агрофізичним станом ґрунтового середовища / І.А. Шевченко – К.: Видавничий дім “Вініченко”, 2016. – 320 с. – ISBN 978-966-2622-22-5.
8. Ґрунти України та підвищення їх родючості. Том і. р. Денисенко, Л. Л. Зіневич та ін. Під. ред. н. І. Полупана. – К.: Урожаї, 1988 – 293 с.
9. Мілюткін В. А. Вплив параметрів робочого органу ґрунтообробних машин і швидкості обробки на процес руху ґрунтового пласта (Дослідження робочих органів і машин для обробки ґрунту: Зб. наукових праць). ВІМ-М.: 1978. - Т. 82. – с. 54 - 67.
10. Ветров Ю. А. Різання ґрунтів землерийними машинами. - М.: Машинобудування, 1971, 357 с.
11. Зеленін А. М. Основи руйнування ґрунтів механічними способами. - М: Машинобудування, 1968. – 375 с.
12. Костріцин А. До. Про кут зсуву ґрунту робочими органами ґрунтообробних знарядь.// Механіко-технологічні основи захисту ґрунтів від ерозії: зб. наук. тр. / ВІМ - М.: 1983 р., т. 96. - с. 102 - 107.
13. Соловійов С.П. Руйнування ґрунту плоским клином. // Механізація та електрифікація. сільського господарства. - 1968. - // №3. - с. 9-10.

					ДПАІ 25.08.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

14. Плющов Г. С. Дослідження процесу глибокого розпушування ґрунту та вибір оптимальних параметрів робочого органу просапного культиватора-глибокорозпушувача для південної зрошуваної зони землеробства в автореф. дис. ... канд. тех. наук. - М.: 1974. - 31 с.
15. Машиновикористання у землеробстві / За ред. проф. В.Ю. Ільченка та доц. Ю.П. Нагірного. - К.: Урожай, 1996. - 382 с.
16. Довідник з машиновикористання в землеробстві/ за ред. В.І. Пастухова. – Харків: "Веста" – 2001, 347 с.
17. Методичні вказівки щодо виконання курсового проекту за темою: “Експлуатація машинно-тракторного парку господарства” студентами факультету заочного навчання. - Мелітополь: ТДАТУ, 1998.- 22 с.
18. Контроль сільськогосподарської техніки за показниками безпеки / В.С. Бойко, В.І. Левченко, Н.Л. Крижачківський. – К.: Урожай, 1994. –336 с.
19. Бутко Д. А., Луценков В. Л. Виробнича санітарія.: Навч. посібник – К.: Урожай, 1996 – 336 с.
20. Бутко Д. А., Луценков В. Л. и др. Практикум по охроне труда. – М: Колос, 1996 – 208 с.
21. Типові норми виробітку і витрачання палива на механізовані польові роботи. - К.: Урожай, 1991.- 472 с.
22. Методика визначення оптових цін та нормативів чистої продукції на нові машини, обладнання та прилади виробничо-технічного призначення. - М.: Прейскурантіздат, 1991. - 38 с.
23. Методика визначення економічної ефективності нових та модернізованих сільськогосподарських машин, винаходів та раціоналізаторських пропозицій // НВО ВІСГОМ.- М.: 1995.-57 с.
24. Методика визначення економічної ефективності використання в сільському господарстві результатів науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт, нової машини, винаходів та раціоналізаторських пропозицій: - М.: ВНДІПІ ВО "Пошук", 1993. - 149 с.

					ДПАІ 25.08.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

ДОДАТОК

					<i>ДПАІ 25.08.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75