

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного
Механіко-технологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. каф. “Машиновикористання в землеробстві”

доц. _____ Володимир КУВАЧОВ

“ _____ ” _____ 2021 р.

Пояснювальна записка

до дипломної роботи здобувача СВО Магістр

(ступінь вищої освіти)

на тему: «Обґрунтування засобів механізації для осіннього обробітку ґрунту за технологією Strip-till в умовах півдня України»

31МЗД.137.000000ПЗ

Виконав: здобувач ВО 2 курсу, групи 21МБ АІ

спеціальності 208 Агроінженерія

за ОПП Агроінженерія

(шифр і назва спеціальності та ОПП)

_____ **Артем ЛОБОДА**

(підпис)

Керівник доц. _____

(підпис)

Консультант проф. _____

(підпис)

Нормоконтроль доц. _____

(підпис)

Рецензент інж. _____

(підпис)

Мелітополь – 2021 рік

РЕФЕРАТ

Дипломна робота складається з пояснювальної записки яка виконана на 84 сторінках і містить 5 розділів, 35 рисунків та 29 джерел використаної літератури.

Об'єкт дослідження. Технологічний процес осіннього обробітку ґрунту при вирощуванні польових культур за технологією Strip-till.

Предмет дослідження. Закономірності впливу конструктивних параметрів агрегату на якість виконання технологічний процесу осіннього обробітку ґрунту при вирощуванні польових культур за технологією Strip-till.

Метою магістерської роботи є зниження енергетичних втрат при осінньому обробітку ґрунту.

У першому розділі магістерської роботи було проведено аналіз природно-кліматичних умов півдня України та способи проведення осіннього обробітку ґрунту при вирощуванні польових культур. Спираючись на отримані дані, було сформульовано мету та задачі досліджень даної магістерської роботи. Другий розділ було присвячено аналітичним дослідженням визначення тягового опору знарядь для обробітку ґрунту. Третій розділ присвячено теоретичним дослідженням зміни тягового опору, а також проведено обґрунтування розташування робочих органів знаряддя. У даній магістерській роботі один з розділів присвячений питанням охорони праці та безпеці в надзвичайних ситуаціях. Проведено оцінку економічної ефективності використання агрегату запропонованої конструкції при проведенні осіннього смугового обробітку ґрунту.

Ключові слова: СМУГОВИЙ ОБРОБІТОК, STRIP-TILL, ПОШАРОВИЙ ОБРОБІТОК ГРУНТУ, ОСІННІЙ ОБРОБІТОК.

ЗМІСТ

	Стор.
Вступ	5
1. СТАН ПИТАННЯ, МЕТА ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ	6
1.1. Природно-кліматичні умови південних регіонів України	6
1.2 Аналіз способів осіннього обробітку ґрунту	8
1.3 Розрахункові способи визначення тягового опору	18
1.4 Вплив розташування робочих органів на тяговий опір знарядь	25
1.5 Висновки по розділу та постановка задач досліджень	35
2 ОБҐРУНТУВАННЯ ВПЛИВУ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ НА ЕНЕРГЕТИЧНІ ВИТРАТИ	37
2.1 Основи роботи знарядь для смугового пошарового обробітку ґрунту	37
2.2 Аналітичні дослідження визначення тягового опору	40
2.3 Висновки по розділу	45
3. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМЕНШЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ВИТРАТ ПРИ СМУГОВОМУ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ	46
3.1 Дослідження зміни тягового опору	46
3.2 Обґрунтування розташування робочих органів	51
3.3 Висновок по розділу	52
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	54
4.1 Аналіз стану організації робіт по забезпеченню охорони праці	54
4.2 Постановка завдання щодо досліджень з питань охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях	57
4.3 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів	57
4.4 Екологічна безпека	63
4.5 Пожежна безпека	66
4.7 Висновки по розділу	67
5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ РОБОТИ	69

5.1	Методика розрахунку та підготовка вихідних даних для порівняльного техніко-економічного аналізу	69
5.2	Розрахунок річного економічного ефекту від впровадження агрегату	74
5.3	Висновки по розділу	75
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	76
	СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	77

ВСТУП

С кожним днем людство робить багато кроків в розвитку різних галузей і сільське господарство не є винятком. Інтенсифікація сільськогосподарського виробництва принесла з собою крім позитивних явищ і негативні, що спостерігаються в погіршенні деяких властивостей ґрунту. Самою серйозною проблемою з них є його ущільнення, яке виникає внаслідок природних і штучно викликаних непрямих впливів. Ущільнені ґрунти відрізняються більш високою об'ємною масою та низькою пористістю. Це ускладнює їх аерацію та проникнення води. Одночасно підвищується опір ґрунту при його обробітку, ускладняється підготовка ґрунту до сівби, до того ж знижується або залишається на тому самому рівні врожайність культур.

Одним з завдань, які доводиться вирішувати при виробництві будь-якої польової культури на переущільнених ґрунтах – глибоке розпушення ґрунтів. З іншої сторони, на поверхні необхідно залишати рослинні рештки, для зниження вітрової та водної ерозії. Тому одним з перспективних варіантів осіннього обробітку ґрунту є використання смугового обробітку ґрунту спеціалізованими знаряддями. Але серійні знаряддя окрім високої вартості мають значну вагу. Це сприяє подальшому ущільненню. Тому одним з бюджетних рішень є використання на переущільнених ґрунтах переобладнаних чизельних знарядь. Але будь-який глибокий обробіток потребує значних витрат енергії через великий тяговий опір, який виникає при значній глибині обробітку. Одним з варіантів його зниження є пошаровий обробіток ґрунту. Використання пошарового обробітку при подальшому встановленні бункерів та тукопроводів для добрив дозволить з осені вносити фосфорні добрива на глибину. Що буде сприяти зниженню впливу високих температур та посухи під час вегетації польової культури.

Тому у роботі було розглянуто можливість пошарового смугового осіннього обробітку ґрунту з метою зниження тягового опору за рахунок деблокованого різання та зменшення впливу «критичної глибини різання».

1. СТАН ПИТАННЯ, МЕТА ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Природно-кліматичні умови півдня України

Клімат є одним з природних ресурсів країни. Сучасні дослідження підтверджують зміну клімату. Діяльність людини є однією з головних причин цього, наприклад, збільшення спалювання вугілля, нафти, газу, вирубки лісів. Сьогодні зміна клімату відчуваються вже і буде лише посилюватися. На думку екологів, за наступні 10 років на Україні природні зони перемістяться з півдня на північ на 150...200 км.

В Україні практично всі посівні площі сільськогосподарських культур знаходяться в зоні ризикованого землеробства (території із природним дефіцитом опадів), де є постійний ризик втрати обсягів урожаю у надто посушливий рік або втрати якості урожаю у надмірно дощовий рік. Необхідно знати аграріям, що такі ризики посилює фактор глобальної зміни клімату. Для прийняття ефективних рішень та практичних заходів для пристосування до зміни клімату варто об'єктивно оцінювати погодні умови кожного року для зниження ризиків у короткостроковій перспективі. Крім того, поінформованість фермерів про погоду, клімат, зміну клімату та адаптацію до неї допоможуть більш оптимістично дивитись у майбутнє.

В Україні клімат, в цілому, сприятливий для сільського господарства, але щорічна погода дуже різноманітна та іноді буває досить несприятливою.

Зараз клімат України у тренді глобального потепління, воно охопило всю територію нашої країни, а швидкість підвищення температури повітря навіть дещо випереджає середньосвітову. Сучасний клімат України характеризується нерівномірним по території потеплінням, яскраво вираженим у зимові та літні місяці. За останні 30 років середня річна температура повітря в Україні підвищилася більше, ніж на 1 °С. Підвищення температури у холодний період (листопад-березень) складає в середньому 1,3° С, у теплий (квітень-жовтень) – 1,1 °С. Позитивна аномалія (відхилення температури повітря

від норми) по всій території країни у період 1989-2019 рр. була найбільшою за всю історію інструментальних спостережень за погодою.

До 90-х років лише в окремих населених пунктах південних та східних областей фіксували абсолютні максимуми температури повітря $+40...42^{\circ}\text{C}$ (у тіні), які, поширилися у центральні і північні області. На всій території країни збільшилась кількість днів з температурами вище $+30...35^{\circ}\text{C}$, або кількість днів із тепловим стресом. У південних областях за вегетаційний період раніше таких днів було в середньому $30...40$, стало $50...65$, у північних та західних областях було менше 10 , стало більше $15...30$. На крайньому півдні (південні райони Херсонської, Миколаївської, Одеської та Запорізької областей) з'явилася термічна зона із сумою температур більше $3400...3700^{\circ}\text{C}$. Опади є джерелом ґрунтової вологи, а кількість опадів річна є показником зволоження території. Зараз спостерігається нерівномірний розподіл, як по часу, так і по території опадів. Самі важливі опади для всіх культур – опади вегетаційного періоду (квітень...жовтень). Сьогодні змінюється характер опадів, а саме збільшується кількість сильних злив, які після тривалих сухих періодів завдають більше шкоди, ніж користі. У 2019 році зафіксовано короточасні зливи з такою великою кількістю опадів, яку раніше не фіксували. Як будуть змінюватися опади – залишається надзвичайно невизначеним, однак значне збільшення їх кількості мало ймовірно і це загрожує посиленням посух та збільшенням площ земель схильних до опустелювання.

Веgetаційний період скорочується через стрімке й надмірне накопичення тепла, що буде сприяти передчасному досягненню різних культур. І, як наслідок, призводить до зменшення врожайності. Зараз вегетаційний період для вирощування сільськогосподарських культур починається раніше і триває довше. Період активної вегетації сільськогосподарських культур вже подовжився на 10 днів і більше. У південній частині України підвищення температури та подовження вегетаційного періоду дозволять фермерам вирощувати по два врожаї деяких культур за умови зрошення. Незначне промерзання ґрунту та потепління взимку, раннє настання весняних процесів сприяють

збільшенню кількості та площ осередків шкідників та хвороб сільськогосподарських культур і лісу. Також ймовірна міграція шкідників, не характерних для території України, збільшення їх чисельності та кількості поколінь.

Фермерським господарствам необхідно для зменшення негативних наслідків зміни клімату впроваджувати адаптаційні заходи й використовувати екологічні підходи та змінювати технології вирощування польових культур.

Зменшити вплив вітрової та водної ерозії на ґрунт, отримати ранній прогрів ґрунту в зоні майбутнього висіву дозволяє Strip-till технологія. Її відмінність полягає в тому, що основний смуговий обробіток проводять восени з внесенням добрив та наступним висівом навесні у оброблені смуги. Її використання дозволяє зменшити витрати в 2...3 рази на обробіток ґрунту. В основному її застосовують під просапні культури: кукурудзу, соняшник, буряки).

1.2 Аналіз способів осіннього обробітку ґрунту

Інтенсифікація сільськогосподарського виробництва приносить із собою крім позитивних явищ і негативні, що виявляються в погіршенні деяких властивостей ґрунту. Самою серйозною проблемою є ущільнення ґрунту, що виникає внаслідок природних і штучно викликаних непрямих впливів. Ущільнені ґрунти відрізняються більш високою об'ємною масою, низькою пористістю, що утрудняє аерацію для проникнення води, повітря. Одночасно підвищується опірність ґрунту при її обробці, підготовка ґрунту до посіву утрудняється, врожаї культур знижуються або залишаються на тому самому рівні [1].

Зараз використовують різні способи осіннього обробітку ґрунту в залежності від технології вирощування польової культури. Основною задачею його проведення є разущільнення ґрунту, а також збереження покриву.

Однією з перспективних технологій є Strip-till або смугова технологія вирощування польових культур. При її використанні застосовують спеціалі-

зовані знаряддя для осіннього обробітку ґрунту. Вони складаються з секцій і обробіток ведеться смугами (рис. 1.1 – 1.4)



Рисунок 1.1 – Знаряддя для смугового обробітку Orthman 1tripr



Рисунок 1.2 – Знаряддя «АГРИРИЧ-II» для осіннього (глибокого) Strip-till на глибину 30...45см



Рисунок 1.3 – Знаряддя KUHN-Krause Gladiator та KUHN-STRIGER для обробітку ґрунту за технологією Strip-till



Рисунок 1.4 – Агрегат XTill для обробітку ґрунту за технологією Strip-till

Як бачимо, всі вони мають доволі складну конструкцію. А відповідно високу вартість та вагу. А велика вага, в першу чергу призводить до переущільнення ґрунту. Тому було запропоновано використовувати для осіннього обробітку ґрунту за смуговою технологією переобладнані чизельні агрегати.

До головних природних факторів ущільнення ґрунту відносяться: високий зміст глини, велика частка глинистих матеріалів, що спучують, надмірний зміст вологи без природного дренажу, тиск верхніх обріїв, ущільнені ґрунтообробними процесами нижні шари ґрунту, низький вміст органічної маси, зливні дощі, тиск коренів і інше. Основні штучні фактори ущільнення ґрунту: важкі сільськогосподарські машини і трактори, маса яких постійно збільшується, недостатня глибина оранки, зайві проїзди машин, транспортування в полі при надмірній вологості ґрунту, обробіток ґрунту при невідповідній вологості, недостатнє внесення в ґрунт органічної маси, невідповідна сівозміна, вирощування монокультур, невідповідний склад мінеральних добрив.

Дослідженнями, проведеними в нашій і інших країнах, виявлено, що на ущільнення ґрунту й енерговитрати на обробку значний вплив роблять рушії сучасної сільськогосподарської техніки і різні транспортні засоби, що багаторазово пересуваються на полях (штучні фактори ущільнення).

Культурні рослини можуть добре рости і розвиватися тільки при сприятливих фізичних, хімічних і біологічних умовах. Тому зміст ґрунту в пухкому стані при визначеній щільності має вирішальне значення для одержання високого, стійкого врожаю вирощуваних культур.

У деяких випадках встановлено, що ущільнення ґрунту рушіями в 1,9 рази збільшує опір її обробітку. При цьому залишкові деформації ґрунту поширюються на глибину більш 1 м. У стаціонарних дослідах виявлене, що ущільнення ґрунту носить кумулятивний характер, у зв'язку з чим відзначається зниження як потенційного, так і ефективної родючості. Для більшості різновидів ґрунтів найбільший врожай основних культур одержують при щільності ґрунтів $1,1 \dots 1,3 \text{ г/см}^3$. Однак для деяких культур, таких як картоп-

ля, оптимальна щільність середніх і важкого механічного складів дорівнює $0,9...1,1\text{г/см}^3$.

Для ґрунтів легкого механічного складу оптимальний діапазон щільності при обробленні більшості культур дорівнює $1,3...1,45\text{г/см}^3$. Для ґрунтів середнього і важкого механічного складу щільність $1,6...1,7\text{г/см}^3$ є критичної, при якій ріст і розвиток рослин або утруднені, або неможливі [2].

Дотепер залишається дискусійним питання впливу щільності підорного шару ґрунту на врожай культур. У визначених умовах на чорноземних ґрунтах думають, що щільність підорного шару повинна бути в межах $1,40...1,45\text{г/см}^3$.

Рух важких сільськогосподарських агрегатів і різних транспортних засобів по поверхні поля сприяє ущільненню ґрунту починаючи з верхніх обривів орного шару до нижніх слоїв підорного шару. Такого роду ущільнення ґрунту відносять до загального. Величина ущільнення ґрунту по шарах може бути визначена відомими методами. При щорічному обробітку на ту саму глибину більш 50% староорних ґрунтів піддаються ще ущільненню підорного шару безпосередньо робочими органами ґрунтообробних знарядь.

Загальні ущільнення (рис.1.5) умовно розділяють на:

- верхні (у шарі орного горизонту);
- плужну підшову 1 (у шарі нижче орного горизонту);
- ущільнення підорного горизонту 2 (у шарі нижче плужної підшови).

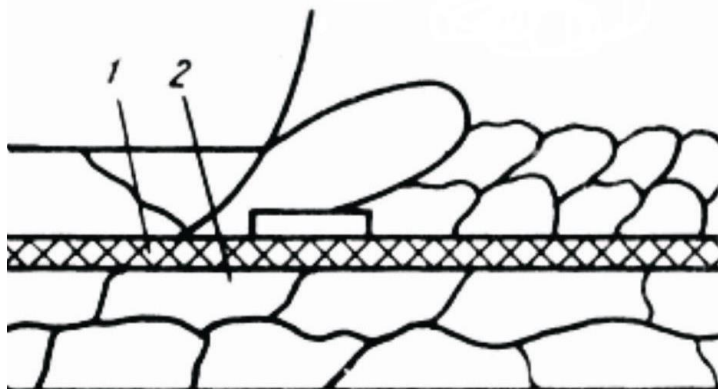


Рисунок 1.5 – Утворення плужної підшови під дією орного знаряддя

Плужною підпошвою називають ущільнення ґрунту в шарі, розташованому нижче проходу лез робочих органів знаряддя. Вона починається безпосередньо після границі обробленого шару. У результаті ущільнення цей шар ґрунту містить мінімальне число пор. У залежності від конструкції робочих органів, маси знаряддя, числа обробіток на ту саму глибину, ступені вологості і механічного складу ґрунту товщина шару плужної підпошви може складати 12...17см.

Природа виникнення плужної підпошви ще не зовсім з'ясована через труднощі техніки визначення. Утворення плужної підпошви можна визначити візуально по поведженню коренів рослин. Якщо обережно видалити лопатою оброблений шар ґрунту, часто знаходять на границі обробітку зігнуті під прямим кутом корені рослин (рис. 1.6).

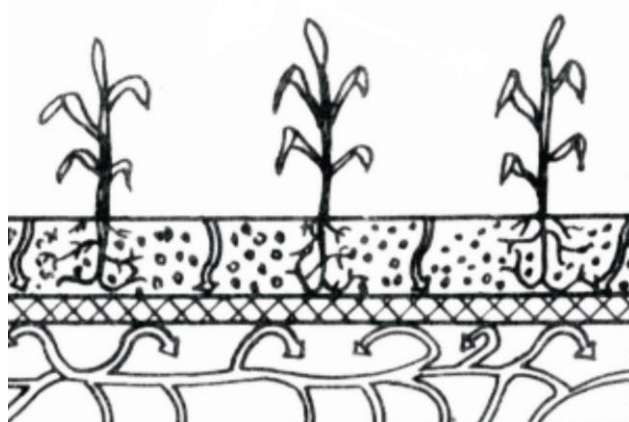


Рисунок 1.6 – Розвиток кореневої системи рослин до руйнації плужної підпошви

Вони не можуть пробити ущільнений шар ґрунту (плужну підпошву) і проникнути в нижні шари. Якщо провести спостереження в час вегетаційного періоду, то на рослинах, вирощених при тривалому періоді посухи, раніш, ніж на інших навколишніх польових ділянках, виявляються ознаки зів'янення, хоча нижні шари ґрунту мають ще достатню вологість. Це пояснюється тим, що корені рослин не можуть досягти води більш глибоких шарів ґрунту. Тому що повітря і вода надходять до рослин по порах, переущільнення нижніх шарів впливають на надходження води і повітря в усі шари ґрунту. Якщо загальна кількість пор, їхня форма і величина зменшуються або змінюються

під дією ущільнення, то це сильно заважає створенню оптимального співвідношення між повітрям і водою в ґрунті і разом з тим забезпеченню сприятливих умов росту культурних рослин [2].

При глибокому обробітку ґрунту чизельними або іншими знаряддями плужна підшва руйнується (рис.1.7). У результаті створюються сприятливі умови для оптимального водно-повітряного режиму. В більш засушливий період корені культурних рослин можуть проникати глибше (рис.1.8) і діставати ґрунтову вологу з нижніх шарів, а при достатку опадів зайва волога з верхніх шарів ґрунту може надходити в нижні шари. При цьому випар вологи з верхніх шарів ґрунту різко скорочується, створюються сприятливі співвідношення між повітрям і водою в ґрунті і разом з тим оптимальні умови для росту культурних рослин.



Рисунок 1.7 – Руйнація плужної підшви чизельним робочим органом



Рисунок 1.8 – Розвиток кореневої системи рослин після руйнації плужної підшви

Чизельні знаряддя навіть при багаторічному обробітку ґрунту на ту саму глибину не сприяють інтенсивному утворенню плужної підшви в ґрун-

ті. Це пояснюється тим, що робочі органи їх мають малу ширину захвату, а отже, малу площу опори на ґрунт по глибині ходу.

Аналіз технологій та умов вирощування основних сільськогосподарських культур, як фактор підвищення тягового опору при обробі ґрунту, проводився багатьма дослідниками [2, 4]. Південь України з точки зору вирощування основних сільськогосподарських культур дуже відрізняється від багатьох інших його регіонів. Його клімат – континентальний з високими тепловими ресурсами, недостатньою кількістю опадів та значною вітровою діяльністю. Кліматичні умови характеризуються наступними показниками: середньорічна температура складає $+7,8^{\circ}$, сума температур вище 10° досягає $3000-3050^{\circ}\text{C}$, гідротермічний коефіцієнт дорівнює $0,83$. Температура найбільш теплого місяця (червня) $+21,7^{\circ}$, найбільш холодного місяця (січня) $-7,5^{\circ}$. Абсолютний максимум температур літом $+34,4^{\circ}$ (в червні), абсолютний мінімум $-25,2^{\circ}$ (в січні) [1].

В першій декаді квітня середньодобова температура повітря переходить через $+5^{\circ}$, а на початку третьої декади – через $+10^{\circ}$. Восени спостерігається різке зростання температури повітря, що сприяє вегетації рослин. Кількість днів з середньодобовою температурою вище 0° – 259 днів, вище $+5^{\circ}$ – 200, вище $+10^{\circ}$ – 143 дні. Перехід до стійких добових температур повітря вище 10° звичайно зв'язує з початком інтенсивного росту більшості рослин з середніми строками сівби теплолюбних сільськогосподарських культур.

Найбільша кількість опадів припадає на травень, червень, липень. Середня річна сума опадів складає $400...450$ мм. В деяких районах, що розташовані близько біля моря і зовсім $300...350$ мм. Опади в літній період носять зливовий характер, тому мало вбираються ґрунтом. Зливи ущільнюють ґрунт та руйнують структуру його верхніх шарів. На схилах зливи сприяють змиву та розмиву ґрунту. Погодні умови погіршуються сильними вітрами, які характерні для даної місцевості. Переважають східні та північно-східні вітри. Сухі східні вітри – зимою несуть з собою морози та завірюхи, а весною та вліт-

ку засуху. Під час засух температура повітря підіймається до $+36^{\circ}\dots+40^{\circ}$, а при цьому відносна вологість падає до 15...20%.

В зв'язку з цим збільшується значення агротехнічних заходів в боротьбі за вологу. Тобто – це зона ризикованого землеробства. В цілому кліматичні умови півдня України не завжди сприятливі для вирощування районуваних сортів сільськогосподарських культур.

Рельєф півдня України різноманітний: в значній мірі представлена рівниною з нерозвинутою системою низькогір'я та балок (приклад: північ та схід Запорізької області, південь АР Крим). Вони перетинають землевикористання в різних напрямках, зашкоджуючи цим обробіток ґрунту та посилюючи вітрову ерозію [1].

Схили низькогір'я північної експозиції місцями змиті і на поверхні з'явилися ґрунтоутворюючі породи. Днища балок неширокі. Місцями в балках спостерігається вклинювання ґрунтових вод. Схили балок посилюють водну ерозію. Особливо це стосується півночі Запорізької області.

Таким чином враховуючи особливості рельєфу треба передбачити заходи боротьби з вітровою та водною ерозіями.

Ґрунтовий покрив по території досить різноманітний. Це пов'язано з різноманітними умовами рельєфу ґрунтоутворюючими породами, ґрунтовим зволоженням та діяльністю ерозійних процесів. Ґрунтовий покрив представлений в основному чорноземом звичайним та чорноземом звичайним малопотужним мало гумусним (32%) та їх еродованими різностями: слабо еродовані (38%), середньо еродовані (16%), сильно еродовані (9%). Невелика кількість, але представлена піщаними та супіщаними ґрунтами. Механічний склад ґрунту здебільшого піщано-середньо суглинисті, середньо суглинисті, піщано-важко суглинисті. Потужність гумусового горизонту в середньому 30см, інколи 41...44 см, в окремих місцях 20...25см. Робочий схил від 0,1 до 5,0 градусів, здебільшого 1...3 градуси. Тобто в таких умовах приходиться вести обробіток ґрунту, і що прикро не завжди приділяється увага саме ґрунтозахисним технологіям, а застосування безплужного землеробства значно

спростило ґрунтозахисні заходи. Тим більше, що безполицевий обробіток ґрунту з мульчуванням її стернею й іншими поживними залишками ефективна в захисті ґрунтів і підвищенні врожайності вирощуваних культур не тільки на схилах, але і на рівнинних полях. Відпадає сама собою необхідність у застосуванні диференційованої системи ґрунтозахисного обробітку в залежності від крутості схилу, типу ерозії: ґрунтозахисна технологія застосовується на всьому полі, незалежно від рельєфних умов з доповненням її чизелюванням, щільюванням і мульчуванням [5].

Складова частина ґрунтозахисних технологій – система добрива, спрямована на оптимальне задоволення потреб рослин у живильних речовинах. При переході на безплужний обробіток в ґрунті зменшується розкладання гумусу і на низьких агрохімічних фонах у перші роки можлива азотна недостатність; її компенсують додатковим внесенням азотних добрив.

Досить важлива складова частина ґрунтозахисних технологій - система захисту рослин від бур'янів, шкідників і хвороб. Це те саме гостре дискусійне питання, що усе ще викликає сумніву деяких науковців і виробників коли мова заходить про застосування нової системи землеробства. Однак накопичений за останні роки науковий і виробничий досвід переконує, що боротьба з бур'янами при безполицевому обробітку значно легше, ніж при щорічній оранці.

Ґрунтозахисні технології обробітку сільськогосподарських культур життєві лише в тому випадку, коли вони забезпечуються системою спеціальних машин і знарядь. При застосуванні ґрунтозахисних технологій безполицевого обробітку сільськогосподарських культур зростає роль науково обґрунтованого чергування культур, тобто зростає роль сівозмін. Установлено, що посіви по безполицевому обробітку зернових культур по стерньових попередниках кілька років підряд сприяють зниженню врожайності в порівнянні з посівами по оранці. У той же час маються розроблені сівозміни, насичені зерновими культурами до 60...80 %, у яких виключається стерньовий попередник.

Чизелювання – це безвідвальна обробка ґрунту чизельними знаряддями з розпушуючими або стрілочастими лапами, установленими на рамі знаряддя з недорізом шару по ширині захвату. У сівозмінах можуть бути застосовані різні види чизелювання.

Чизелювання на глибину 20...45см проводять головним чином при основному обробітку ґрунту, частково заміняючи відвальну оранку лемішними плугами або безвідвальним обробітком плоскорізами-глибокорозпушувачами, а також при переорюванні злитих ґрунтів по відвальному зябу навесні й при догляді за парами. Крім того, чизелювання ґрунту на глибину до 45см може примінятися, як додаткова операція, в сполученні з відвальною оранкою або поверхневим обробітком.

Чизелювання на глибину 60 см і більше, як найбільш енергоємну операцію, проводять періодично 1 раз у ротацію сівозміни на ґрунтах з переущільненим підорним горизонтом, а також на важких ґрунтах з поверхневим надлишковим перезволоженням [1, 6 – 7, 8].

На переущільнених ґрунтах глибоке чизелювання застосовують для зниження щільності додавання й окультурення підорного шару; на ґрунтах, підданих поверхневому перезволоженню, – для скидання вологи з орного обрїю в нижні шари. Полосне чизелювання проводять на глибину до 60 см замість щілювання для запобігання стоку поталих і дощових вод на схилах. Крім того, полосне чизелювання (щілювання) застосовують при поліпшенні природних пасовищ.

Залежно від системи підготовки ґрунту під оброблювані культури чизельну культивуацію здійснюють на глибину 10...16см (поверхнева) або до 25см (глибока). Чизелювання можна проводити на тлі відвальної оранки й по стернях після збирання вирощувальних культур.

Поверхнєве чизелювання виконують при передпосівній підготовці ґрунту; обробці парів; обробці ґрунту після оранки або дисковані; лущенні стерень на важких глинистих ґрунтах з підвищеною твердістю.

Чизелювання на глибину до 25см, проводять головним чином навесні на важких запливаючих ґрунтах замість відвального переорювання зябу [7].

1.3 Розрахункові способи визначення тягового опору

Для визначення опору знаряддя або рівної йому по величині сили тяги P іноді використовують спрощену формулу:

$$P = K_0 \cdot a \cdot b, \quad (1.1)$$

де K_0 – питомий опір знаряддя, $K_0 = 20 \dots 130$ кПа;

a – глибина оранки, м;

b – робоча ширина захвату знаряддя, м.

Однак ця формула дає великі помилки, тому що не враховує впливу швидкості руху, сили ваги знаряддя, стан і форму робочих органів.

Так, по формулі при $a = 0$ одержимо $P = 0$, а насправді $P \neq 0$, тому що виникає опір перекочуванню. Ця формула дає меншу помилку при великій глибині обробітки і дуже велику при малій глибині. Наприклад, для п'ятикорпусного плуга при $a = 25$ см помилка складає близько 20 %, а при $a = 10$ см помилка буває близько 60 %.

Формула професора Щучкіна:

$$P = f \cdot G + m \cdot \delta \cdot a \cdot b, \quad (1.2)$$

де f – коефіцієнт тертя робочих органів об ґрунт;

G – сила ваги знаряддя, Н;

m – дослідний коефіцієнт, $m = 0,015 \dots 0,12$;

δ – твердість ґрунту, кПа;

a, b – відповідно глибина обробки і робоча ширина захвату знаряддя, м.

Незважаючи на те, що ця формула включає ряд фізико-механічних показників ґрунту, вона не враховує швидкості руху знаряддя, а також форму поверхні робочих органів.

Проаналізувавши роботу плуга, академік В.П. Горячкін установив, що його тяговий опір складається з опору трьох різних категорій:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 \quad (1.3)$$

До першої категорії він відніс опори, пропорційні нормальному тиску (сила ваги):

$$P_1 = f \cdot G, \quad (1.4)$$

де f – коефіцієнт, аналогічний коефіцієнту тертя, але враховує й опір перекочування;

G – сила ваги, Н.

До цієї категорії опорів В.П. Горячкін відніс: силу тертя корпусів об дно борозни і стінку борозни, силу тертя втулок коліс по осі, опір перекочування коліс по ґрунту, а всю сукупність цих опорів назвав «мертвим опором».

До другої категорії були віднесені опори, обумовлені деформацією ґрунтового шару. Відповідно до загальних законів опору матеріалів вони пропорційні площі поперечного перерізу деформованого шару:

$$P_2 = k \cdot a \cdot b \cdot n, \quad (1.5)$$

де k – питомий опір ґрунту аналогічний границі міцності й опору матеріалів, Н/м², або кПа;

n – кількість корпусів плуга, шт.

До третьої категорії віднесені опори, зв'язані з наданням кінетичної енергії часткам ґрунту. Аналогічно, опір корпуса плуга пропорційний площі поперечного перерізу ґрунту і квадратові швидкості:

$$P_3 = \varepsilon \cdot a \cdot b \cdot n \cdot V^2, \quad (1.6)$$

де V – швидкість плуга, м/с;

ε – коефіцієнт швидкісного опору, що залежить від параметрів (геометричної форми) корпусу плуга і властивостей ґрунту, Н·с²/м⁴.

Отже, тяговий опір плуга буде,

$$P_3 = f \cdot G + k \cdot a \cdot b \cdot n + \varepsilon \cdot a \cdot b \cdot n \cdot V^2 \quad (1.7)$$

Ця формула названа раціональною, тому що вона представлена раціональним алгебраїчним виразом, і зміст її представляється раціональним з погляду механіки.

Для плуга, що працює на традиційній швидкості, третій член формули невеликий, перший член значно більше третього, а найбільше чисельне значення має другий член.

Однак зі збільшенням швидкості різко зростає складова P_3 і загальний тяговий опір.

По формулі В.П. Горячкина визначається середнє значення опору знаряддя. При розрахунках деталей вузлів і механізмів необхідно користуватися максимальним його значенням. Тому в розрахункову формулу вводиться коефіцієнт Θ , що враховує збільшення опору через неоднорідність ґрунту:

$$P_{расч} = \Theta(f \cdot G + k \cdot a \cdot B + \varepsilon \cdot a \cdot B \cdot V^2) \quad (1.8)$$

де $B = b \cdot n$.

Значення Θ тим менше, чим більше ширина захвату знаряддя. Так для:

- 2-х -3-х корпусного плуга – $\Theta=2$;
- 4-х корпусного плуга – $\Theta=1,8$;
- 5-ти корпусного плуга – $\Theta=1,5$;
- 8-и корпусного плуга – $\Theta=1,3$.

Потужність, витрачена на роботу плуга визначиться по формулі:

$$N = P \cdot V, \quad (1.9)$$

де P – тяговий опір знаряддя, Н.

Тоді:

$$N = f \cdot G \cdot V + k \cdot a \cdot b \cdot n \cdot V + \varepsilon \cdot a \cdot b \cdot n \cdot V^3 \quad (1.10)$$

Коефіцієнт корисної дії (ККД) плуга можна в загальному виді представити так:

$$\eta = \frac{N_{заг} - N_{шк}}{N_{заг}} = \frac{N_{кор}}{N_{заг}}, \quad (1.11)$$

або

$$\eta = \frac{P_{кор} \cdot V}{P \cdot V} = \frac{P - P_{шк}}{P}, \quad (1.12)$$

де $N_{кор}$ – корисна потужність на роботу плуга, Вт;

$N_{заг}$ – загальна потужність, Вт;

P і $P_{шк}$ – відповідно загальний і шкідливий опір, Н.

Підставляючи їх значення до формули акад. В.П. Горячкіна будемо мати:

$$\eta = \frac{\kappa \cdot a \cdot B + \varepsilon \cdot a \cdot B \cdot V^2}{f \cdot G + \kappa \cdot a \cdot B + \varepsilon \cdot a \cdot B \cdot V^2}. \quad (1.13)$$

Визначення тягового опору робочого органу з умови пропорційності опору ґрунту зминанню, до початку руйнування обсягові деформованого ґрунту. Розглянемо взаємодію лапи з ґрунтом. Під тиском робочої поверхні лапи, при її переміщенні в ґрунті на величину S , названу граничним шляхом зминання ґрунту, відбувається пластичне деформування з ущільненням ґрунту під дією нормальних стискаючих напруг (фаза I, рис.1.6) У результаті цього утворюється поверхня руйнування внутрішніх зв'язків дотичними напруженнями (по лінії АБ) і відбувається відділення блоку ґрунту (фаза II, рис.1.9).

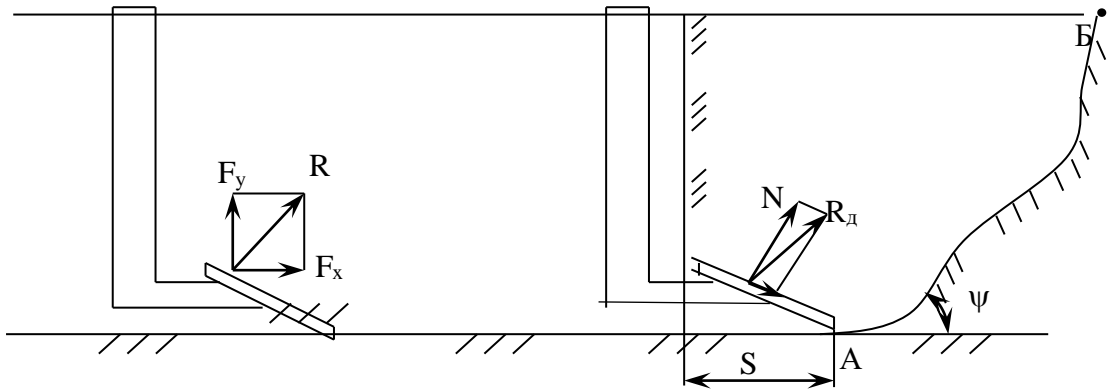


Рисунок 1.9 – Взаємодія розпушуючого робочого органу чизельного знаряддя з ґрунтом

Відповідно до вище викладеного, процес руйнування ґрунту робочим органом складається з двох періодично повторюваних фаз: - фази зминання (I) і фази руйнування (II).

Величина опору двогранного клина дорівнює

$$P = \sum R + R\partial, \quad (1.14)$$

де $\sum R$ – сумарний опір робочого органу від ваги шару, інерційних сил шару, сил тертя і проникнення леза клина в ґрунт, Н;

$R\partial$ – опір ґрунту деформації, Н.

При роботі клина в однорідному по складу ґрунті $\sum R$ має постійне значення, а $R\partial$ – періодично змінюється від нуля до деякого максимального значення, що обумовлено циклічним характером деформації ґрунту під дією клина (рис.1.10). Характер зміни опору ґрунту деформації в значній мірі залежить від фізико-механічних властивостей ґрунту і його вологості.

Наслідком упровадження спушувальної лапи в ґрунт є виникнення в ній напруженого стану. Стискуючись, ґрунт чинить опір подальшому переміщенню клина. Можливе найбільше ущільнення ґрунту (стиск) і, відповідно, нормальний тиск на робочій поверхні – визначає момент руйнування ґрунтового шару.

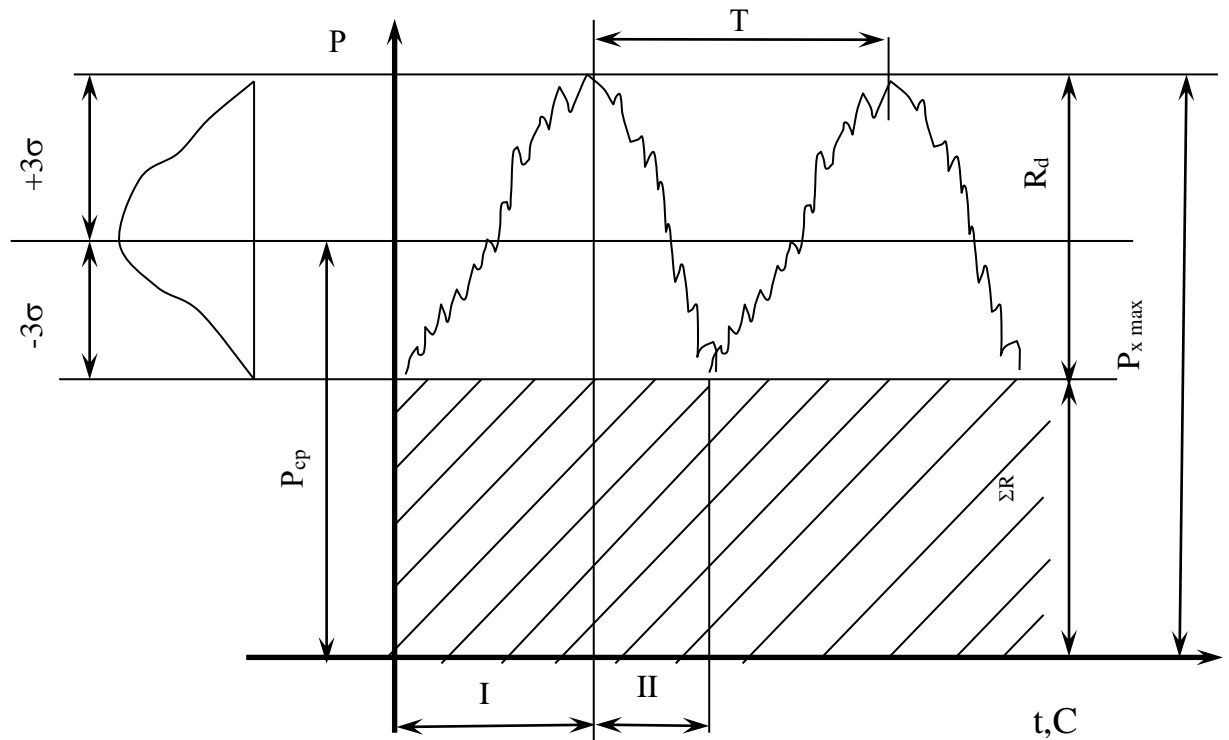


Рисунок 1.10 – Характер деформації чизельним робочим органом за умови однорідності складу ґрунту

Якщо прийняти, що опір ґрунту стиску до початку руйнування пропорційний об'єму деформованого ґрунту,

$$R_d = q \dot{U}_1, \quad (1.15)$$

де q – коефіцієнт пропорційності, або коефіцієнт об'ємного зминання ґрунту, Н/см³;

\dot{U}_1 – об'єм ґрунту, що зминається, см³;

то при впровадженні в ґрунт площадки ножа площею d на шляху S величина тиску складе:

$$R_d = \frac{dF \cdot S}{\cos \mu} = q \cdot \frac{db \cdot dS \cdot S \cdot \sin \alpha}{\cos \mu} = q \cdot \frac{1}{\cos \mu} \int_0^b \int_0^S S \cdot \sin \alpha db \cdot dS = 0,5 \cdot q \cdot \frac{b \cdot S^2}{\cos \mu} \cdot \sin \alpha, \quad (1.16)$$

де b – ширина робочого органа, м;

α - кут нахилу леза (долота) лапи, град;

μ – кут зовнішнього тертя ґрунту об сталь, град., $\mu=30\text{...}35\text{град.}$;

S – граничний шлях зминання ґрунту, см, $S = 8\text{...}10\text{см}$ при глибині обробки
 $a = 10\text{...}15\text{см}$.

Як відомо, коефіцієнт об'ємного зминання залежить від швидкості за-
нурення робочого органа в ґрунт, що визначається залежністю:

$$q = q_0 + 5,3V, \quad (1.17)$$

де q_0 – коефіцієнт об'ємного зминання (при швидкості $V = 0,1$ м/с),
 $q_0 = 40 \text{...}20$ Н/см³;

V – швидкість руху робочого органа, $V = 2,1$ м/с.

Отже:

$$R_{\phi} = \frac{1}{2} \cdot (q_0 + 5,3V) \cdot \frac{b \cdot S^2}{\cos \mu} \cdot \sin \alpha, \quad (1.18)$$

Визначення першого члена виразу (1.14) $\sum R$ теоретичним шляхом до-
сить важке. Тому визначимо $\sum R$ з результатів експерименту:

$$\sum R \approx P_{\text{сеп.}} - 3\sigma \quad (1.19)$$

Знаючи значення $\sum R$, можна визначити яка частина даного складово-
го тягового опору приходить на силу тертя:

$$F_{\text{тр}} = Nf = R_{\phi} \cdot \cos \mu \cdot \mu \quad (1.20)$$

Підставимо вирази (1.18 і 1.19) у (1.14) і визначимо тяговий опір роз-
пушувача

$$P = P_{\text{сеп.}} - 3\sigma + \frac{1}{2} \cdot (q_0 + 5,3V) \cdot \frac{b \cdot S^2}{\cos \mu} \cdot \sin \alpha. \quad (1.21)$$

1.4 Вплив розташування робочих органів на тяговий опір знарядь

У чизельних знаряддях є робочі органи, що забезпечують технологічний процес безвідвальної обробки ґрунту. Всі типи чизельних робочих органів на відміну від відвальних можна розміщати на рамі симетрично по ширині захвата, що дозволяє значно скоротити довжину і масу знарядь тому, з метою зниження маси, підвищення маневреності і в остаточному підсумку економічної ефективності використання при експлуатації, доцільно для роботи із сучасними енергонасиченими тракторами розробляти навісні конструкції чизельних плугів і культиваторів.

При розробці конструкцій чизельних знарядь доцільна така схема розміщення робочих органів, при використанні якої не тільки виключається заклинювання ґрунту між робочими органами, забивання їх рослинними залишками, але й поліпшуються інші показники якості роботи, скорочується довжина, маса і число робочих органів знаряддя, що працюють у суцільному (блокованому) середовищі, що впливає на витрати енергії при виконанні технологічного процесу.

Виходячи із цих вимог і результатів експериментальних випробувань різних наукових шкіл, проведемо аналіз різних принципових схем чизельних знарядь.

Для досліджень були використані дослідні зразки навісних чизельних культиваторів із двох- і трирядної схемами розміщення робочих органів на рамі, а також експериментальна установка для розміщення робочих органів чизельного культиватора по стрілоподібній і багаторядній схемам. Крім того, при глибокому обробітку ґрунту були використані дослідні зразки навісних чизельних плугів ПЧ-4,5 конструкції ГСКТБ ПО "Одесаґрунтмаш", дослідний зразок чизельного плуга ПЧМ-4,5 конструкції НПО ВИГХОМ і дослідний зразок чизельного плуга РЧ-3,6 конструкції НПО "Казсільгоспмеханізація".

З погляду раціональної конструкції й необхідної якості роботи кожна схема чизельного знаряддя має свої переваги й недоліки, які приблизно однакові для чизельного плуга і культиватора.

Однорядна схема (рис. 1.11, а). Робочі органи розміщені на одному прямому брусі. Таке розміщення робочих органів може бути застосовано головним чином при створенні чизельних знарядь для розпушення ґрунту в міжряддях оброблюваних культур. Для глибокої суцільної обробки ґрунту така схема непридатна, тому що при малій ширині міжрядь знаряддя забивається ґрунтом і рослинними залишками.

Дворядна схема (рис. 1.11, б). Переваги: невелика маса і довжина рами, що дозволяють створити нескладну конструкцію навісного чизельного знаряддя до тракторів різних класів тяги із пристосуванням для додаткового кришіння ґрунту і вирівнювання поверхні; проста схема рами, що дозволяє швидко і зручно переставляти робочі органи на необхідну ширину міжряддя; спрощується конструкція секційних широкозахватних знарядь.

До її недоліків слід віднести наступне. Всі робочі органи першого ряду, що становлять майже половину всього числа їх на рамі, працюють у суцільному (блокованому) середовищі, що сприяє значному підвищенню тягового опору знаряддя; робочі органи першого ряду, працюючи в суцільному середовищі, зношуються й піддаються поламкам швидше, ніж робочі органи заднього ряду. При роботі на стерні, особливо високостеблових культур, знаряддя, забиваються пожнивними залишками в просторі між переднім і заднім рядами лап. При встановленні лап на малу ширину міжсліддя довжина між лапами в кожному ряді значно зменшується, у результаті при глибокому обробітку пересохлих і ущільнених ґрунтів можна чекати забивання робочих органів великими брилами, що негативно впливає на витрати енергії і якість обробки ґрунту.

Трьохрядна і багаторядна схеми (рис. 1.11, в). До переваг цих схем можна віднести наступне. Знаряддя з міжряддям робочих органів більше 200мм не забивається пожнивними залишками при роботі на стерньових фонах. При малій ширині міжряддя забезпечується достатня відстань між ла-

пами в кожному ряді по ширині захвату зняряддя, у результаті при глибокому обробітку виключається забивання робочих органів ґрунтом, поліпшується кришіння і зменшуються розміри незруйнованих гребенів у борозні. Для поверхневої обробки ґрунту можна встановлювати змінні стрілочасті лапи з малою шириною захвату, забезпечуючи достатнє перекриття.

Дана схема найбільше доцільна для культиваторів, робочі органи яких мають великий набір змінних лап.

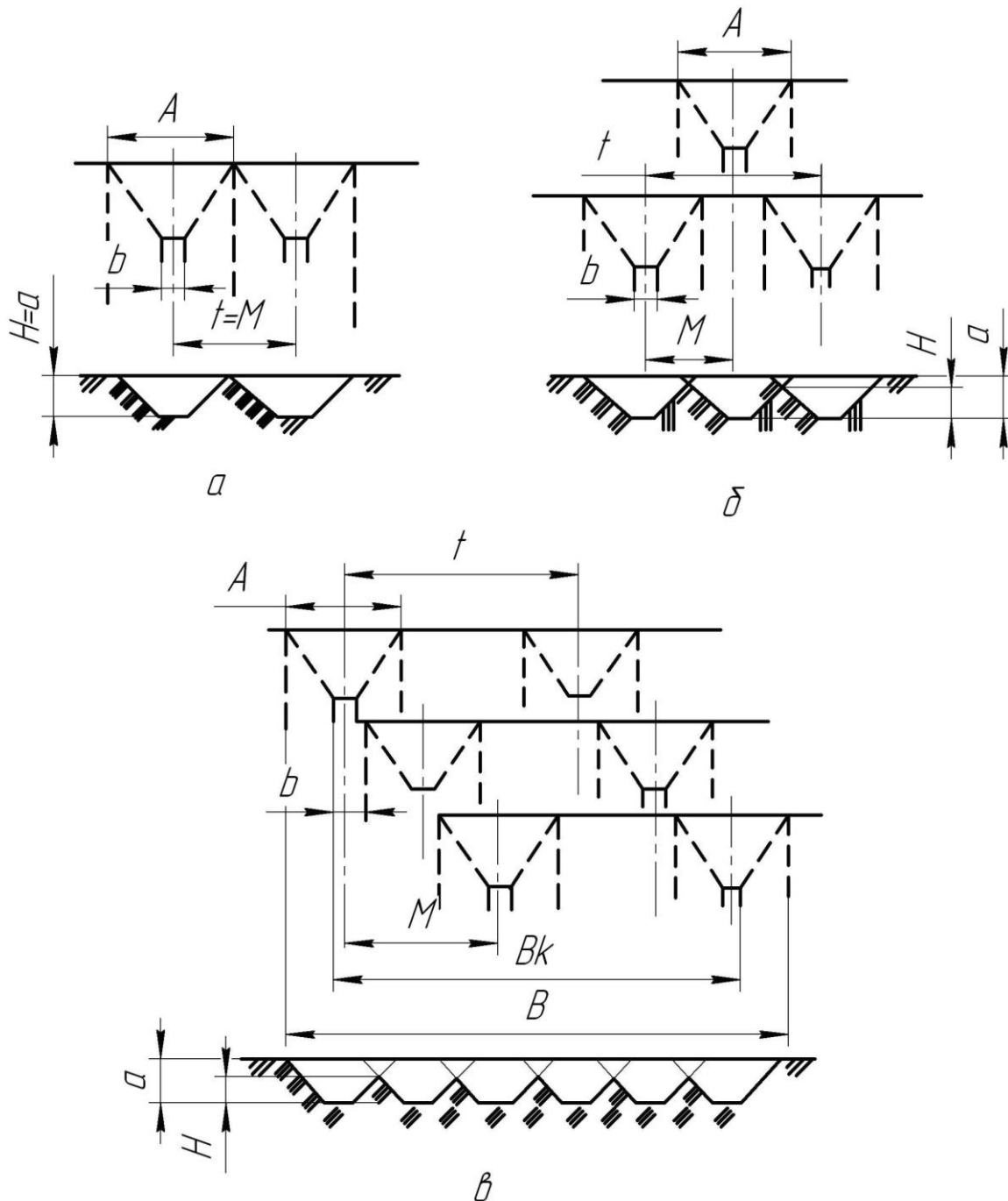


Рисунок 1.11 – Схема однорядного (а), дворядного (б) і трирядного (в) розміщення робочих органів

Ці схеми мають наступні недоліки. Всі робочі органи першого ряду, що становлять значну частину від загального числа їх на рамі, працюють у суцільному середовищі. При роботі на полях з нерівною поверхнею знижується стійкість ходу робочих органів по глибині переднього ряду щодо заднього. При значному відхиленні знаряддя від прямолінійного руху не забезпечується повне підрізання бур'янистих рослин змінними стрілчастими лапами заднього ряду зі звичайним перекриттям (6...8см). Робочі органи першого ряду знаряддя, працюючи в суцільному середовищі, зношуються і ламаються швидше, ніж робочі органи задніх рядів. Збільшується довжина і маса знаряддя; з підвищенням ширини захвату знаряддя зростає число робочих органів, працюючих у суцільному середовищі.

Стрілоподібна багаторядна схема (рис 1.12). Має такі переваги. Зі збільшенням ширини захвату знаряддя число робочих органів, що працюють у суцільному середовищі, не зростає. При достатній ширині міжряддя і раціональному куті розчину стрілоподібної рами знаряддя виключається забивання робочих органів ґрунтом і рослинними залишками. Всі робочі органи знаряддя, крім середнього, працюють у напівсуцільному середовищі. Тому, в порівнянні з шаховим розташуванням робочих органів по двох- і трьохрядній схемі, значно знижується тяговий опір, зменшується зношеність робочих органів, усувається утворення великих брил і поліпшується вирівнювання поверхні ґрунту. Значно менше маса знаряддя і центр ваги його розташований ближче до трактора. Забезпечується вільний і зручний доступ до робочих органів для технічного огляду, заміни лап, перестановки їх на необхідну ширину міжряддя, очищення їх від налиплого ґрунту.

Недоліки. Зі збільшенням ширини захвату збільшується довжина знаряддя, центр ваги його віддаляється від трактора. Для виконання поверхневого обробітку ґрунту зі змінними стрілчастими (просапними) лапами ширина захвату їх з урахуванням перекриття повинна бути не менше 410мм, а при меншій ширині захвату варто скорочувати ширину міжряддя, що приводить до забивання знаряддя ґрунтом і рослинними залишками. При більших зна-

чення кута розчину 2β і невеликій ширині міжряддя можна чекати забивання робочих органів ґрунтом і рослинними залишками в просторі між суміжними робочими органами.

Стрілоподібна комбінована схема (рис 1.13). Переваги має такі. Зі збільшенням ширини захвата центр ваги знаряддя наближається до трактора. Є можливість створення конструкції начіпного чизельного знаряддя великої ширини захвату з пристосуванням для додаткового розпушування верхнього шару ґрунту і вирівнювання поверхні.

Недоліки має такі. Число робочих органів, що працюють у суцільному середовищі, більше, ніж при розміщенні їх по стрілоподібній багаторядній схемі. При виносі середньої лапи вперед у суцільному середовищі працюють 3 лапи, при виносі середньої лапи назад у такому середовищі - 2 лапи; при малому куті розчину рами робочі органи знаряддя можуть зачіпати колеса або гусениці трактора.

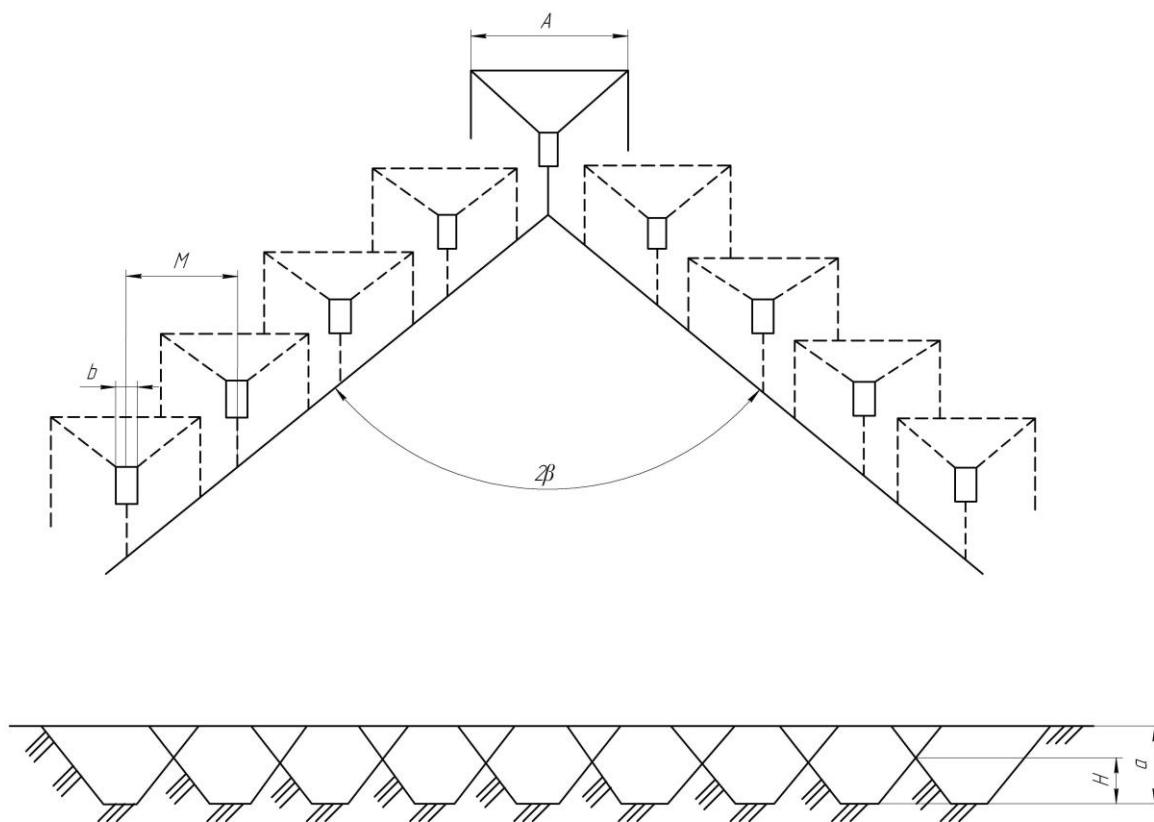


Рисунок 1.12 – Схема комбінованої стрілоподібної розтановки робочих органів

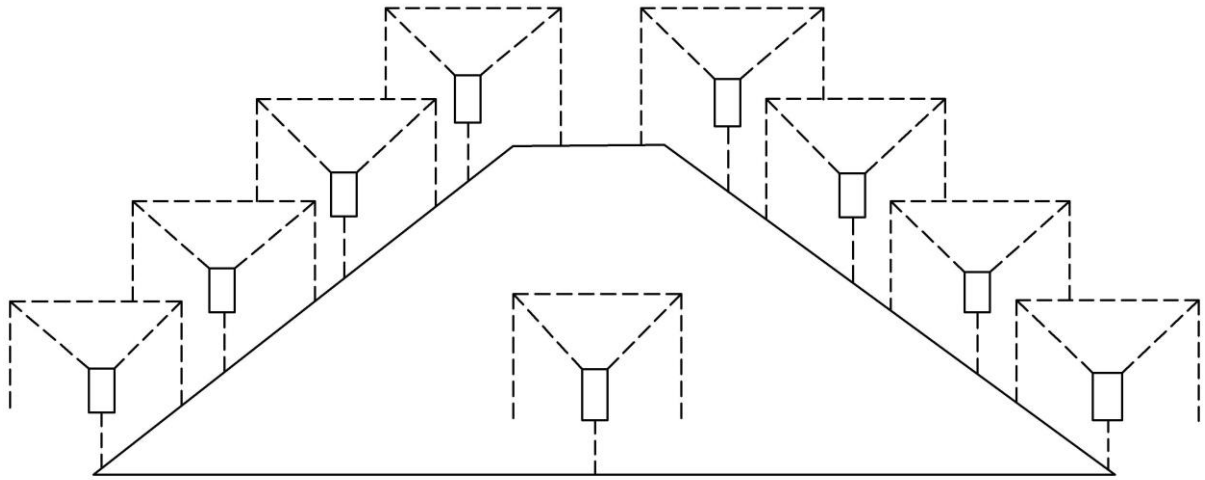


Рисунок 1.13 – Схема стрілоподібної багаторядної розтановки робочих органів

До недавнього часу найбільш поширеними були одно стоякові розпушувачі ПЧ-4,5; ПЧ-2,5; ПЧК-4,5 призначені для розпушення ґрунту по полицевим та безполицевим фонам з поглибленням орного шару. Конструктивно складаються з рами із стандартною навіскою і опорних коліс для регулювання глибини обробітку. На рамі встановлено вертикальні несучі стояки, які комплектуються двома різновидами змінних лап: стрілочастими плоскоріжувачими або долотоподібними. Робочі знаряддя розташовані на рамі з недорізнанням за шириною захвату на ширину міжряддя, яка визначається механічними та технологічними властивостями ґрунту.

Отримати якісне розпушення по усьому шарі ґрунту таким знаряддям неможливо, тому що ґрунтові відмінності формуються за рахунок сколювання від леза долота. Чим більше глибина, тим крупніше грудки на поверхні. Тому з метою додаткового розпушення поверхні та подрібнення рослинних решток на раму чіпляють пристосування ПСТ-4,5 (ПСТ-2,5) у вигляді барабана з ножеподібними зубами.

Аналогічну конструкцію мають розпушувачі, які випускають основні фірми-виробники різних держав. Наприклад, глибокорозпушувач РАВА-ЖН-14 відрізняється тим, що несучі стояки виконано у вигляді параболи, що дещо знижує тяговий опір.

Особливістю конструкції розпушувача RZ-220.7 (рис.1.13) є наявність додаткових лемешів 3 у вигляді двох рядів крилець шириною 330 мм, які забезпечують струшування пласта. Цим досягається більш якісне розпушення та переорієнтація агрегатів у просторі, що збільшує час післядії розпушення.

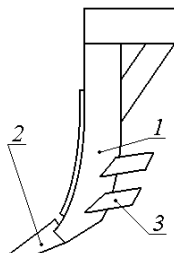


Рисунок 1.13 – Конструктивна схема чизеля - розпушувача RZ-220.7:
1 – стояк; 2 – долото; 3 – крильця

Окрім того, завдяки негативному куту постановки крилець, при сході пласта під крильцями виникає зона розрідження в яку зручно подавати мінеральні добрива. Конструктивно це здійснено на машині UDJ-199.1.2, яка має трубопровід, встановлений з тильного боку стояка чизельного робочого органу.

Розпушувачі активної дії WS-1, WS-2, ВРН.80.3 (рис.1.14) відрізняються тим, що мають вібраційне долото, що забезпечує йому здатність працювати на глибинах до 0,8 м. Додатково за рахунок активності вдається зменшити тяговий опір.

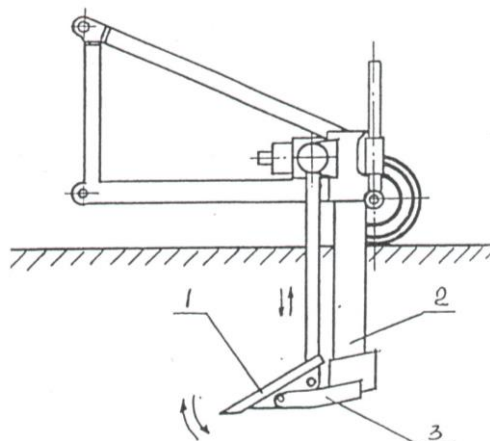


Рисунок 1.14 – Конструктивна схема розпушувача активної дії:
1 – долото; 2 – стояк; 3 – опора

Якість розпушення через велику глибину не задовільна, тому такі машини використовують лише з метою меліорації та розуцільнення ґрунту після проходу важких енергетичних засобів .

Конструктивна рішення розпушувача Paraplow відрізняється тим, що несучий стояк загнуто під кутом 45° . Знаряддя має два варіанти виконання: перегин стояка знаходиться нижче денної поверхні і перегин стояка знаходиться вище денної поверхні. Перший варіант використовують для важких ґрунтів, другий для легких.

На рамі плуга стояки розміщено з незначним перекриттям по ширині захвату. У той же час завдяки перегину непорушені гребні над дном борозни формуються, що відповідає признаку чизельного обробітку. Розпушення виконується за рахунок підняття шару ґрунту по стояку перпендикулярно напрямку руху знаряддя. Інтенсивність руху шару регулюють нахилом пластины. Серед одно стоякових знарядь по якості обробітку ґрунту це знаряддя найбільше відповідає агротехнічним вимогам. Додатковим плюсом є можливість регулювати якість розпушення.

Розглянемо технічне рішення (рис. 1.15), застосування якого дозволяє зняти верхній шар ґрунту, подрібнити його та закласти на нижній шар ґрунту з наступним його ущільненням, для кращого вологоутримання шляхом затирки. Варто відмітити те, що робочий орган даного технічного рішення виконано у формі катка. Дане технічне рішення складається з рами, на яку закріплено поярусно по всій довжині робочі органи, механізму навіски призначене для глибокого розрихлення слоїв ґрунту що перешкоджають проникненню достатньої кількості вологи у ґрунт [9].

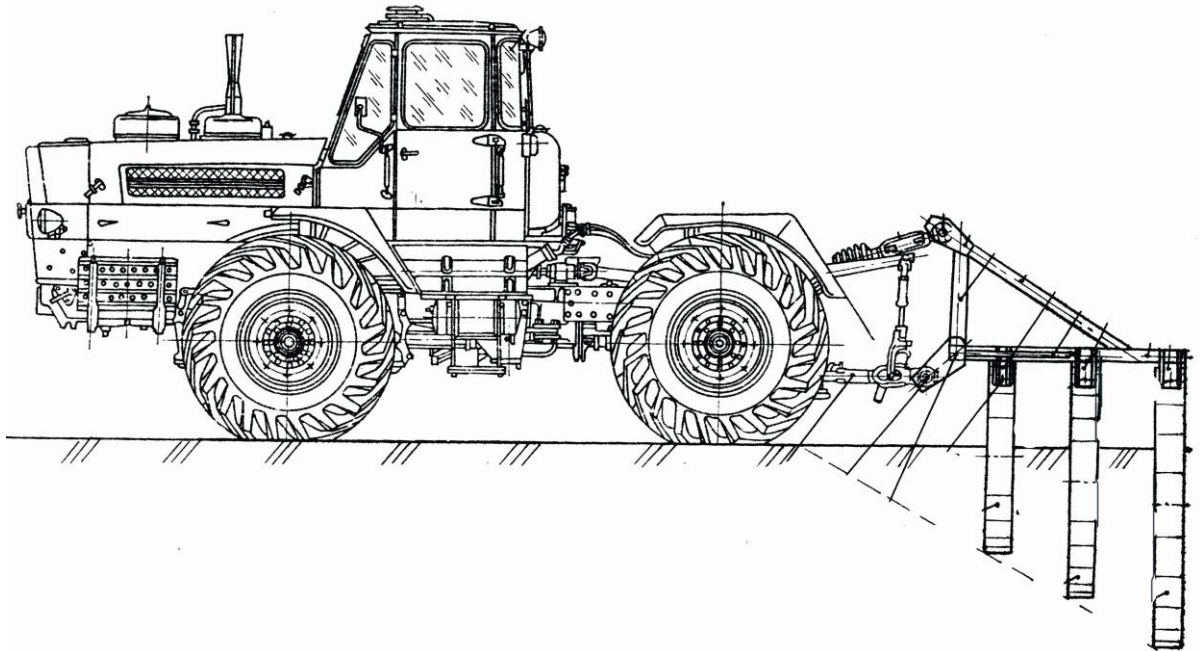


Рисунок 1.15 – Конструктивна схема знаряддя для пошарового обробітку ґрунту

Наступне технічне рішення передбачає пошарово-комбінований обробіток ґрунту, із глибоким рихленням, дискуванням та фрезеруванням верхнього шару ґрунту, причому обробіток проходить у два етапи. При виконанні першого етапу проводять глибоке рихлення по поздовжній осі трактора на глибину 25...32см. На другому етапі проводять дискування та фрезерування одночасно, при цьому дискування проводять гвинтовим гелікоїдальним розпушувачем на глибину 8...12 см.

Дане технічне рішення (рис. 1.16) передбачає комбінований обробіток ґрунту. На рамі закріплено батареї дискових робочих органів, плоскоріжучий безполицевий робочий орган, ці всі робочі органи мають три вирізи, а додатковий робочий орган виконано у вигляді парних катків які можуть змінюватися по висоті і які виражаються як:

$$H=R^{\partial} - (r_n+h),$$

де H – висота прорізу, мм;

R^{∂} – радіус дискового робочого органу, мм;

r_n – радіус нижньої кромки прорізу, мм;

h – конструктивний параметр, ширина ножа дискового робочого органу, мм.

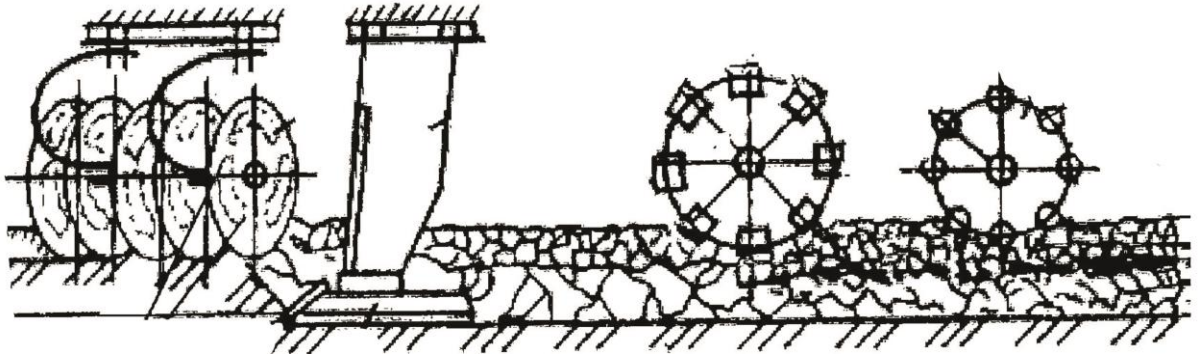


Рисунок 1.16 – Конструктивна схема знаряддя для комбінованого пошарового обробітку ґрунту [11]

Наступне технічне рішення (рис. 1.17) передбачає, що в процесі обробітку ґрунту на глибину до 35см відбувається розрихлення глиб, яке утворюється внаслідок неякісного обробітку ґрунту, що сприяє поганому проникненню вологи у родючі шари ґрунту достатньої кількості вологи. Але є і свій недолік: після проходу знаряддя залишається багато гребенів, що негативно відображається у показниках тягового опору в цілому у всього агрегату.

Запропонована корисна модель належить до сільськогосподарського машинобудування, зокрема, до знарядь глибокого обробітку і може бути використана в зонах зрошувального землеробства з метою пошарового спущування та розуцільнення нижніх підорних шарів ґрунту, та в зонах, що підлягають дії вітрової ерозії з метою пошарового спущування ґрунту із збереженням на поверхні рослинних залишків.

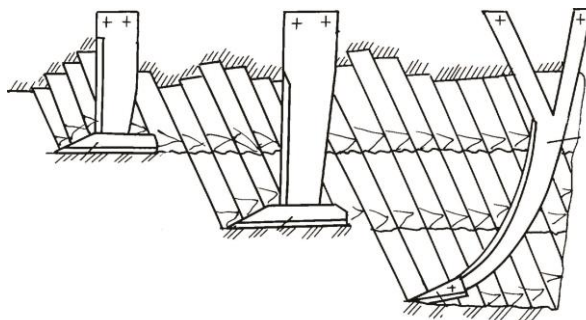


Рисунок 1.17 – Конструктивна схема знаряддя для комбінованого пошарового обробітку ґрунту [12, 13]

Дане технічне рішення глибокорозпушувача для комбінованого пошарового обробітку ґрунту дає змогу зменшити питомий опір знаряддя внаслідок деблокованого різання ґрунту. Це дозволяє зменшити енергоємність технологічного процесу глибокого обробітку ґрунту.

Недоліком цієї конструкції є розміщення робочих органів в одній позовжньо-вертикальній площині, через це технологічний процес проходить за умов блокованого різання ґрунту.

1.5 Висновки по розділу та постановка задач досліджень

Сьогодні однією з задач, що стоять перед сільським господарством України, є підвищення продуктивності сільськогосподарських машин і агрегатів. Її виконання пов'язане з подальшою розробкою нових і модернізації вже існуючих машин і знарядь.

Вдосконалення конструкцій машин і знарядь, в першу чергу, це правильний підбір їх відповідно до ґрунтово-кліматичних умов даних умов господарства. Адже особливо на півдні України гостро стоять проблеми пересушення ґрунтів та їх слабка розпушеність. Саме тому значно підвищується тяговий опір.

Проведені дослідження літературних джерел показали, що поліпшення структури посівів і застосування правильної агротехніки дають можливість збільшити врожайність зернових і зернобобових культур в 2,5...3 рази, багаторічних і однорічних трав в 2...2,7 рази.

Найважливіша задача – розробка теоретичних основ і практичних прийомів отримання високих і стійких урожаїв в різних ґрунтово-кліматичних зонах. Отже, при правильному застосуванні техніки та агрегатів на сільськогосподарських угіддях можна добитися значних результатів.

Зараз більшість агрегатів для пошарового обробітку обладнано тільки чизельними лапами для розпушування ґрунту (рис.1.18).

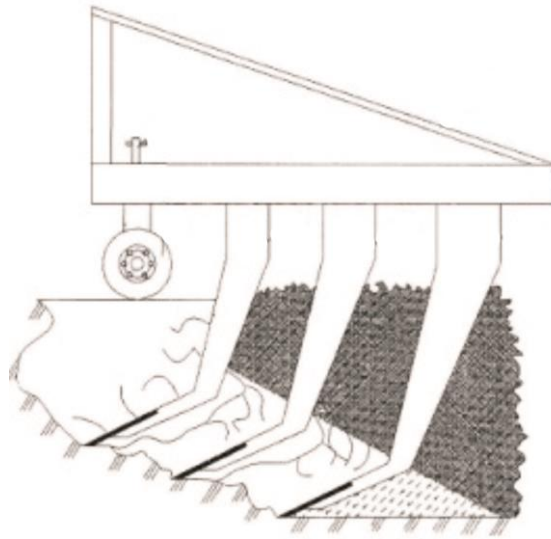


Рисунок 1.18 – Конструктивна схема знаряддя для пошарового обробітку ґрунту

Отже *метою* роботи є зменшення тягового опору при роботі знарядь для смугового обробітку ґрунту на базі чизельних знарядь, шляхом обґрунтування його параметрів для основного пошарового обробітку ґрунту.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні *задачі*:

- провести аналіз чизельних робочих знарядь та схем розташування їх робочих органів;
- провести теоретичні дослідження впливу окремих параметрів знарядь на енергетичні показники їх роботи;
- визначити основні небезпечні та шкідливі фактори для механізатора, які виникають при роботі агрегату для смугового пошарового обробітку ґрунту;
- провести техніко-економічний аналіз ефективності використання агрегату для смугового пошарового обробітку ґрунту.

2 ОБГРУНТУВАННЯ ВПЛИВУ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ НА ЕНЕРГЕТИЧНІ ВИТРАТИ

2.1 Основи роботи знарядь для смугового пошарового обробітку ґрунту

Смуговий пошаровий обробіток ґрунту є основним обробітком. Як правило, частіше за все, основний обробіток проводять плугами. Основними складовими корпусу плуга є леміш і полиця, корпусу плоскоріза – долото і леміш (правий та лівий), а стійка є допоміжним робочим органом за допомогою якого з'єднуються основні робочі елементи.

У чизеля стійка разом з долотом (або наральником) є основним робочим органом. У технологічному відношенні відбувається процес різанням ґрунту тобто процес відділення від ґрунтового масиву стружки у виді грудок або шарів інструментом клинової форми. У фізичному розумінні — це спосіб механічного руйнування ґрунту. Способи різання можна розподілити на два: 1 – розрізування; 2 – різання з відділенням стружки. Їх розрізняють по положенню ріжучого клина відносно напрямку руху і поверхні ґрунту [5, 7, 14].

У клина, ріжуча крайка розрізає поверхню ґрунту, а грані його розташовані так, що в перетинанні з поверхнею ґрунту одна з них утворить з напрямком різання кут $\pi/2$ більше, але менше π , а інша - більше π , але менше $3\pi/2$ (кути відраховують в одному напрямку). У ріжучого клина з відділенням стружки, крайка рухається в ґрунті, а грані при вимірі в площині, нормальній до поверхні ґрунту і співпадаючої з напрямком різання, утворюють з останнім кут більше $\pi/2$, але менше π . Основний спосіб механічного обробітку ґрунту – різання з відділенням стружки, що вимагає найменших витрат енергії в порівнянні з іншими способами обробки. У залежності від положення ріжучої крайки щодо напрямку різання розрізняють прямокутне, або звичайне, і косокутне різання з відділенням стружки. За умовами роботи при різних схемах розміщення робочих органів на рамі знарядь у практиці обробітку ґрунту можуть зустрічатися три основних випадки різання з відділенням стружки:

- блокування в суцільному середовищі (відсутні відкриті бічні стінки);
- напіввільне в напівсуцільному середовищі (наявність однієї відкритої бічної стінки);
- вільне різання (наявність двох відкритих стінок).

Найбільш простим і розповсюдженим способом є прямокутне різання з відділенням стружки клиноподібним ножем із плоскою робочою поверхнею. Такий спосіб різання лежить в основі конструкцій робочих органів чизельних плугів і інших знарядь.

Дослідженнями встановлено, що відділення стружки від ґрунтового масиву ножем при розрізанні, у сторони збільшується лише до деякої глибини різання h , названої критичної (рис. 2.1). Подальше заглиблення ножа на глибину a не збільшує зону руйнування ґрунту і супроводжується тільки відтискуванням ґрунту без відділення стружки, а також утворенням ґрунтового наросту.

Критична глибина різання є границею сфер видозмін процесу в умовах розрізування і різання ґрунту з відділенням стружки. Кожен ніж у залежності від стану ґрунту, співвідношення між глибиною різання і шириною зрізу може бути і що розрізає, і що відокремлює стружку. Можна чекати, що чисельне значення критичної глибини різання в менш стисливих ґрунтів буде більше [5, 15].

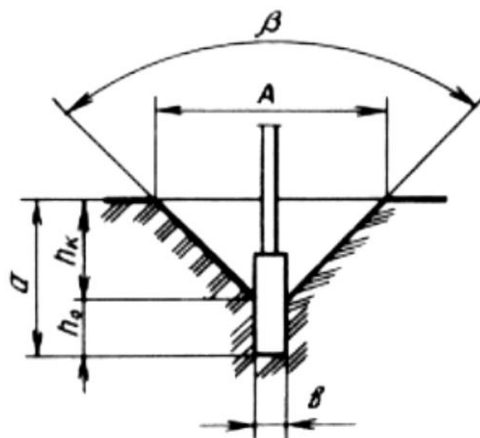


Рис. 2.1 – Схеми різання з позначення критичної глибини різання h_k

На рисунку 2.2 (а), показана схема різання ґрунту розпушуючою лапою захватом b і кутом нахилу до дна борозни α при роботі до критичної

глибини різання з відділенням стружки. Тому що сколювання ґрунту перед лапи під кутом ψ відбувається завжди вище леза, то глибина прорізу h з бічними розширеннями менше повної глибини ходу лапи a . На рисунку 2.2 (б), показана схема критичної глибини різання ґрунту спущуючою лапою чизельного знаряддя при глибокому обробітку ґрунту ($a > h_k$) з утворенням ґрунтового наросту товщиною e попереду лапи на робочій поверхні.

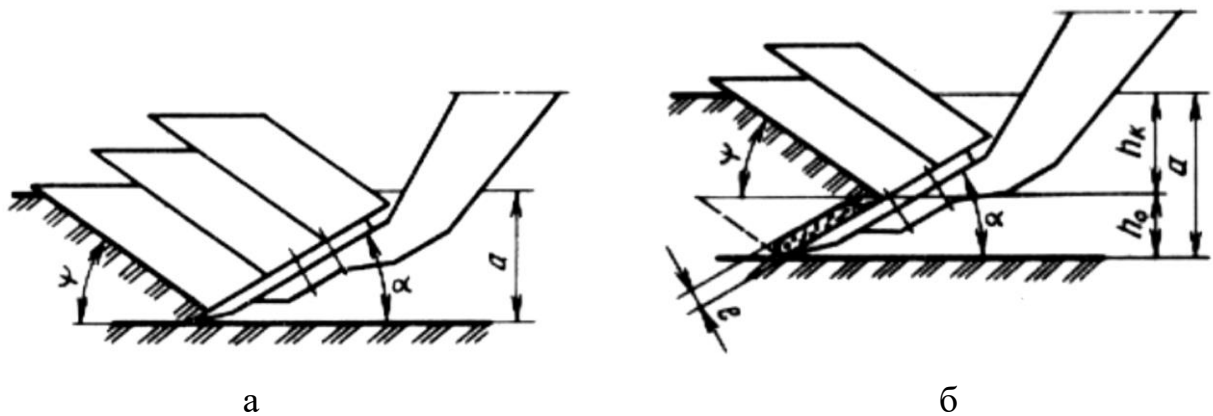


Рис. 2.2 – Схеми різання з відділенням ґрунтової стружки при різання ґрунту спущуючою лапою: а – до критичної глибини ($a < h_k$); б – більше критичної глибини ($a > h_k$)

Сутність утворення ґрунтового наросту в процесі різання полягає в тому, що під дією великого тиску робочого органа, що працює в суцільному (блокованому) середовищі, ґрунт поступово стискається, ущільнюється і затримується на його робочій поверхні, здобуваючи визначену форму ущільненого тіла товщиною e .

Це тіло може бути настільки стійке і міцним, що безпосереднє різання ґрунту відбувається їм, а не тією частиною робочого органа, на якій воно утворилося. При деяких умовах роботи ґрунтовий нарост періодично руйнується, потім відновлюється.

Поряд з цим при переході робочого органу глибше критичної глибини обробітку збільшується і тяговий опір. Метою теоретичних досліджень є аналіз знаряддя для пошарового обробітку ґрунту, де розміщення робочих органів (по довжині) знаряддя повинно бути з метою забезпечення задньому ро-

бочому органу (другого ряду умову вільного різання. Таке розташування робочих органів призведе до руйнування шару ґрунту із меншим зусиллям. Так, коли передній робочий орган зминає певний об'єм ґрунту, то після нього, в процесі сколу 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.

Таке розміщення робочих органів (рис.1.19) забезпечить умову для зниження тягового опору знаряддя і за рахунок пошарового обробітку покращити агротехнічні показники [16, 17].

2.2 Аналітичні дослідження визначення тягового опору

Для проведення дослідження [7, 14] тягового опору знаряддя для пошарового обробітку ґрунту стосовно запропонованого чизельного знаряддя використовуємо аналітичні вирази:

$$P_k = fG + (K + ev^2) F_k, \quad (2.1)$$

$$P_k = fG + K F_k + e v^2 F_k, \quad (2.2)$$

де P_k – тяговий опір чизельного знаряддя до критичної глибини різання, Н;

f – коефіцієнт опору руху знаряддя у ґрунті;

K – коефіцієнт, що характеризує здатність пласта чинити опір;

e – коефіцієнт, що залежить від форми робочих органів;

v – швидкість руху агрегату, м/с;

F_k – площа поперечного перерізу розпушеного шару ґрунту, м².

Площа перетину розпушеного пласта визначиться:

$$F_k = aB_k - \frac{1}{4}(n-1)(M-b)^2, \quad (2.3)$$

де B_k – конструкційна ширина захвату знаряддя;

n – число робочих органів, шт.;

a – глибина обробітку ґрунту, м;

b – ширина обробітку знаряддя, м.

При роботі знаряддя у якості щілиноріза:

$$\frac{M-b}{a} > 2$$

У цьому випадку зони деформації ґрунту з бокових сторін робочих органів прилюбій заданій глибині обробки не перетинаються та величина F_k визначається за формулою:

$$F_k = aB_k - (n-1)(M-b-a)a, \quad (2.4)$$

У загальному виді тяговий опір чизеля при роботі до критичної глибини різання має вигляд:

$$P_k = fG + (K + ev^2) \left[aB_k - \frac{1}{4}(n-1)(M-b^2) \right], \quad (2.5)$$

Враховуючи значення коефіцієнтів, які визначені способом найменших квадратів (при роботі знаряддя на важких ґрунтах):

$$P_k = 0.4G + (43000 + 1600v^2) \left[aB_k - \frac{1}{4}(n-1)(M-b^2) \right], \quad (2.6)$$

При роботі знаряддя у якості щілиноріза:

$$P_k = fG + (K + ev^2) [aB_k - (n-1)(M-b-a)a], \quad (2.7)$$

або з урахуванням значення коефіцієнтів:

$$P_k = fG + (43000 + 1600v^2) [aB_k - (n-1)(M-b-a)a], \quad (2.8)$$

де P_o – приріст тягового опору при блокованому різанні на глибині більшій критичної

$$P_o = (K' + e'v^2)F_o \quad (2.9)$$

$$F_o = nb(a - h_k) \quad (2.10)$$

$$P_o = (K' + e'v^2)nb(a - h_k), \quad (2.11)$$

У загальному вигляді тяговий опір визначається за формулою:

$$P_u = fG + (K + ev^2) \left[aB_k - \frac{1}{4}(n-1)(M - b^2) \right] + (K' + e'v^2)nb(a - h_k) \quad (2.12)$$

або з урахуванням усіх коефіцієнтів:

$$P_u = 0,4G + (43 \cdot 10^3 + 16 \cdot 10^2 v^2) \left[aB_k - \frac{1}{4}(n-1)(M - b^2) \right] + (25 \cdot 10^4 + 158 \cdot 10^2 v^2)nb(a - h_k) \quad (2.13)$$

Звідси питомий опір чизельного знаряддя при роботі до критичної глибини різання з формули (1) можна виразити наступною залежністю:

$$K_{yk} = \frac{P_k}{F_k} = \frac{fG}{F_k} + (K + ev^2), \quad (2.14)$$

При обробці ґрунту на глибину більшу критичної глибини різання питомий опір ґрунту визначається:

$$K_y = \frac{P_k + P_o}{F_k + F_o} = \frac{P}{F_k + F_o}, \quad (2.15)$$

Для проведення теоретичних досліджень було обрано наступні фактори [15, 18]:

- глибина обробітку ґрунту, $a = 0,2 \dots 0,36$ м з кроком $0,08$ м;
- швидкість обробітку ґрунту, $v = 0,84 \dots 1,94$ м/с;
- коефіцієнт опору ґрунту, $K = 43 \cdot 10^3$ Н/м²;
- коефіцієнт, що залежить від форми робочих органів $e = 1$;

- критична глибина різання, $h_k = 0,36$ м;
- число робочих органів $n = 5$;
- ширина захвату робочих органів, $b = 0,07$ м;
- конструкційна ширина захвату, $B_k = 2,07$ м;
- коефіцієнт опору руху знаряддя у борозні $f = 0,4$.

Виходячи з умов мінімальної та максимальної глибини обробітку необхідно обґрунтувати розташування робочих органів чизельного знаряддя для пошарового обробітку ґрунту по довжині машини.

Розглянемо перший варіант – розташування робочих органів чизельного знаряддя по довжині машини за умови мінімальної глибини обробітку кожного з робочих органів. Розрахункова схема представлена на рис. 2.3. Як відомо з теорії клина, сколювання ґрунту відбувається в площинах, сліди яких розташовані симетрично силі R , рівнодіючої нормальній силі N і сили тертя F . Кут, за межі якого виходять сліди сколювання, для наших ґрунтів півдня України і лежить у дуже широкому діапазоні $\Theta = 42...56$ град. [6 – 8].

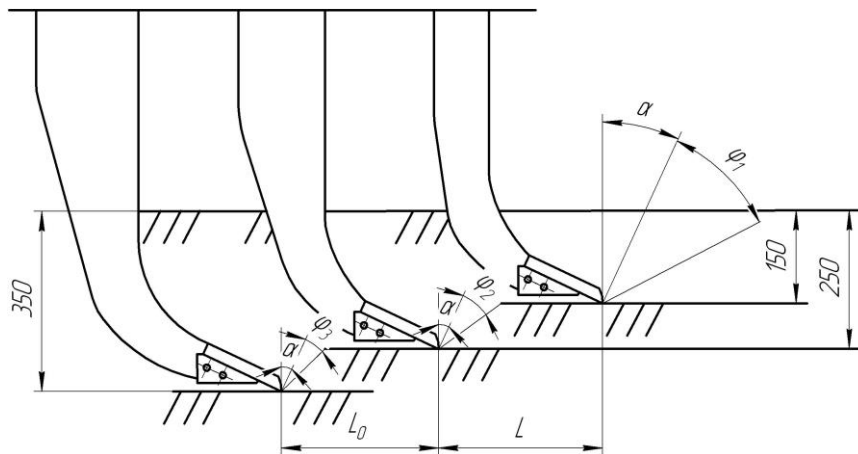


Рисунок 2.3 – Схема розташування робочих органів при мінімальній глибині обробітку ґрунту

Визначаємо зону деформації ґрунту по ходу руху чизеля.

Вихідними даними до розрахунку будуть:

h_1 – глибина обробітку першого ряду, $h_1 = 0,15$ м;

h_2 – глибина обробітку другого ряду, $h_2 = 0,25$ м;

h_3 – глибина обробітку третього ряду, $h_3 = 0,35$ м;

L – довжина між першим і другим рядами робочих органів, м;

L_0 – довжина між другим і третім рядами робочих органів, м;

α – кут спушунання до горизонту, $\alpha = 25$ град.;

φ – кут тертя ґрунту по сталі при вологості на різній глибині (відповідно при $W = 18\%$, $\varphi_1 = 38$ град; $W = 14\%$, $\varphi_2 = 29$ град; $W = 10\%$, $\varphi_3 = 21$ град.) [7, 8].

Зона деформації ґрунту визначиться з вираження

$$L = l + h_i \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_i); \quad (2.16)$$

Розглянемо другий варіант – розташування робочих органів чизельного знаряддя по довжині машини за умови максимальної глибини обробітку кожного з робочих органів. Розрахункова схема представлена на рис. 2.4.

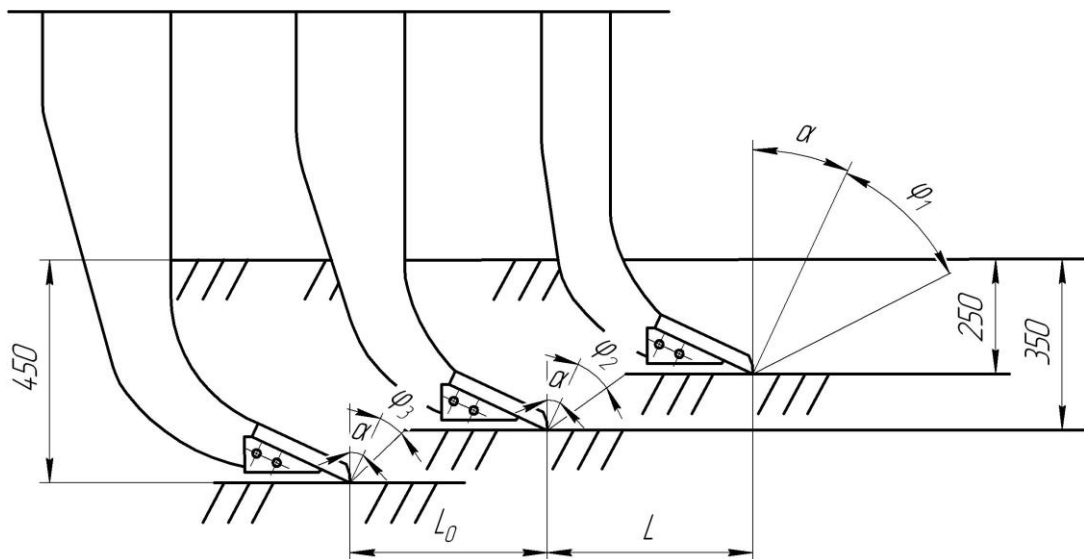


Рисунок 2.4 – Схема розташування робочих органів при максимальній глибині обробітку ґрунту

Визначаємо зону деформації ґрунту по ходу руху чизеля.

Вихідними даними до розрахунку будуть:

h_1 – глибина обробки чизеля першого ряду, $h_1 = 0,25$ м;

h_2 – глибина обробки чизеля другого ряду, $h_2 = 0,35$ м;

h_3 – глибина обробки чизеля третього ряду, $h_3 = 0,45$ м;

L – довжина між першим і другим рядом робочих органів;

L_o – довжина між другим і третім рядом робочих органів;

α – кут спушуння до горизонту, $\alpha = 25$ град.;

φ – кут тертя ґрунту об сталь при вологості на різній глибині (відповідно при $W = 18\%$, $\varphi_1 = 38$ град; $W = 14\%$, $\varphi_2 = 29$ град; $W = 10\%$, $\varphi_3 = 21$ град.) [7, 8].

Зона деформації ґрунту визначиться з виразу (2.16).

Розглянемо перший варіант за умови мінімальної глибини обробітку.

Розрахункова схема представлена на рис. 2.5.

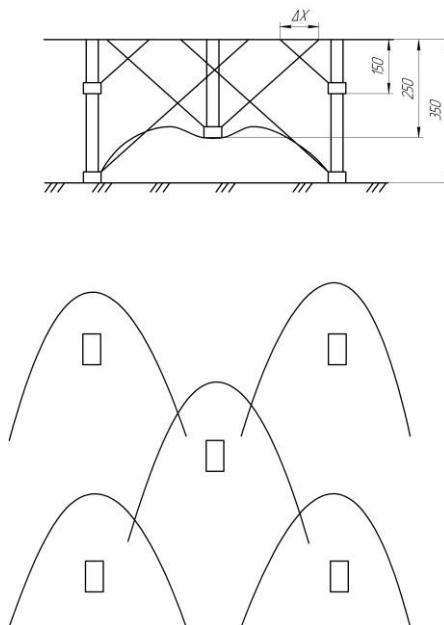


Рисунок 2.5 – Схема розташування робочих органів при мінімальній глибині обробітку ґрунту

Визначаємо ширину захвату:

$$B = b + 2 \cdot a \cdot \operatorname{tg} \frac{\Theta}{2} \quad (2.17)$$

де b – ширина стійки, м;

a – глибина обробітку, м;

Θ – кут перекриття, град..

Розрахунок відстані між робочими органами з урахуванням коефіцієнту перекриття ΔX

$$B'_{\min} = \frac{b}{2} + 2 \cdot B - \Delta X \quad (2.18)$$

де ΔX – коефіцієнт перекриття, $\Delta X = 25 \dots 45$ мм.

Розглянемо перший варіант за умови максимальної глибини обробітку. Розрахункова схема представлена на рис. 2.6.

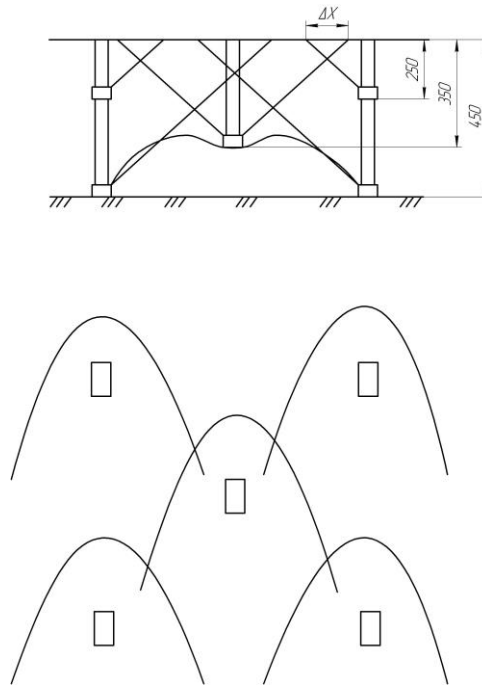


Рисунок 2.6 – Схема розташування робочих органів при максимальній глибині обробітку ґрунту

Розрахунок відстані між робочими органами з урахуванням коефіцієнту перекриття ΔX аналогічний до попереднього

$$B'_{\max} = \frac{b}{2} + 2 \cdot B - \Delta X \quad (2.19)$$

2.4 Висновки по розділу

В даному розділі було проведено аналітичні дослідження теоретичних основ роботи знарядь для обробітку ґрунту, а також виявлено закономірності впливу параметрів агрегату на тяговий опір знаряддя.

3. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМЕНШЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ВИТРАТ ПРИ СМУГОВОМУ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

3.1 Дослідження зміни тягового опору

Для математичного моделювання зміни тягового та питомого опору в залежності від заданих факторів використовуємо формули (2.1) та (2.15). Проведемо дослідження впливу площі перерізу розпушеного пласту на переуцільнених ґрунтах по попереднику озима пшениця на питомий тяговий опір (рис.3.1) [19]. Як бачимо, питомий тяговий опір чизельного знаряддя у функції площі перерізу розрихленого пласту має лінійну залежність до критичної глибини різання, значення якої дорівнює приблизно 0,36 м. При обробітку ґрунту на глибину більшу критичної глибини різання питомий тяговий опір починає різко підвищуватись за рахунок блокованого різання.

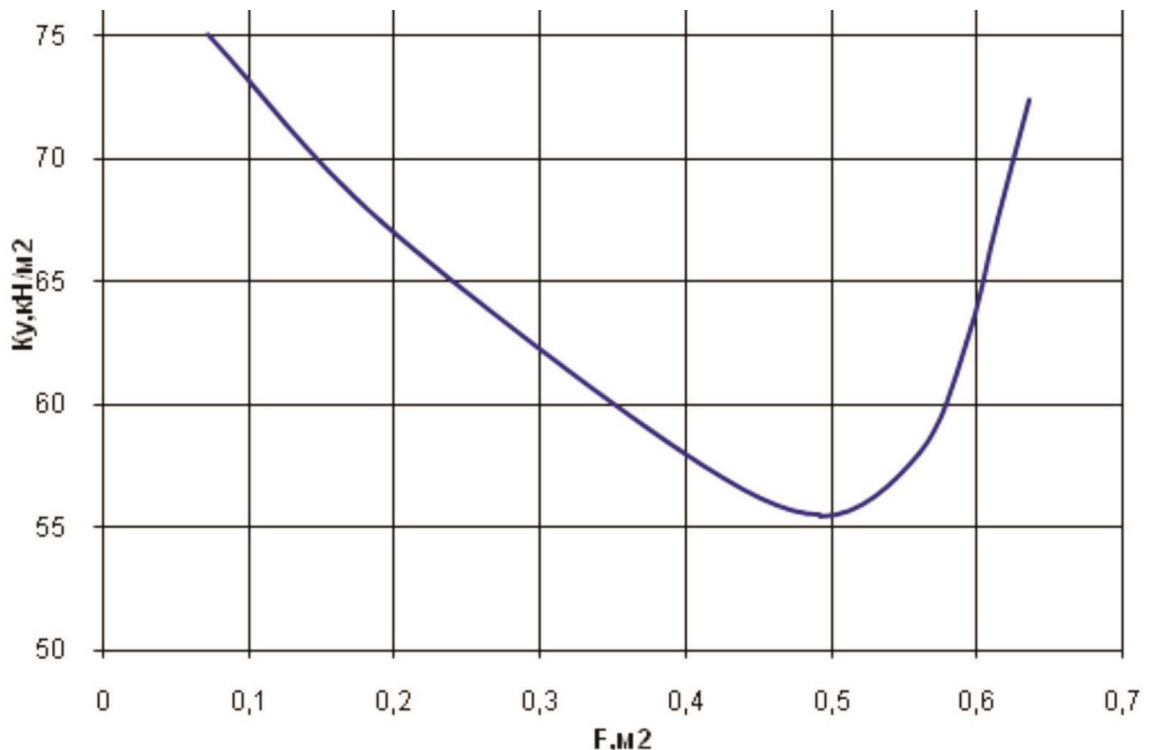


Рисунок 3.1 – Залежність питомого опору від площі перерізу розпушеного пласту на переуцільнених ґрунтах по стерні пшениці

Проведемо дослідження впливу глибини обробітку на переуцільнених ґрунтах по попереднику озима пшениця на тяговий опір. Результати розраху-

нків представлені на рис. 3.2. Як бачимо, тяговий опір чизельного знаряддя у функції глибини обробітку ґрунту, як і питомий тяговий опір чизельного знаряддя у функції площі перерізу розрихленого пласта, має лінійну залежність до критичної глибини різання. Аналіз залежності тягового опору чизельного знаряддя від глибини обробітку ґрунту змінюється по ломаній лінії (рис. 3.2), яка відсікає вісь ординат на величину fG згідно формулам (2.1) та (2.15).

При збільшенні глибини обробітку ґрунту більше ніж критична глибина різання тяговий опір, як і питомий тяговий опір, починає різко підвищуватись за рахунок блокованого різання.

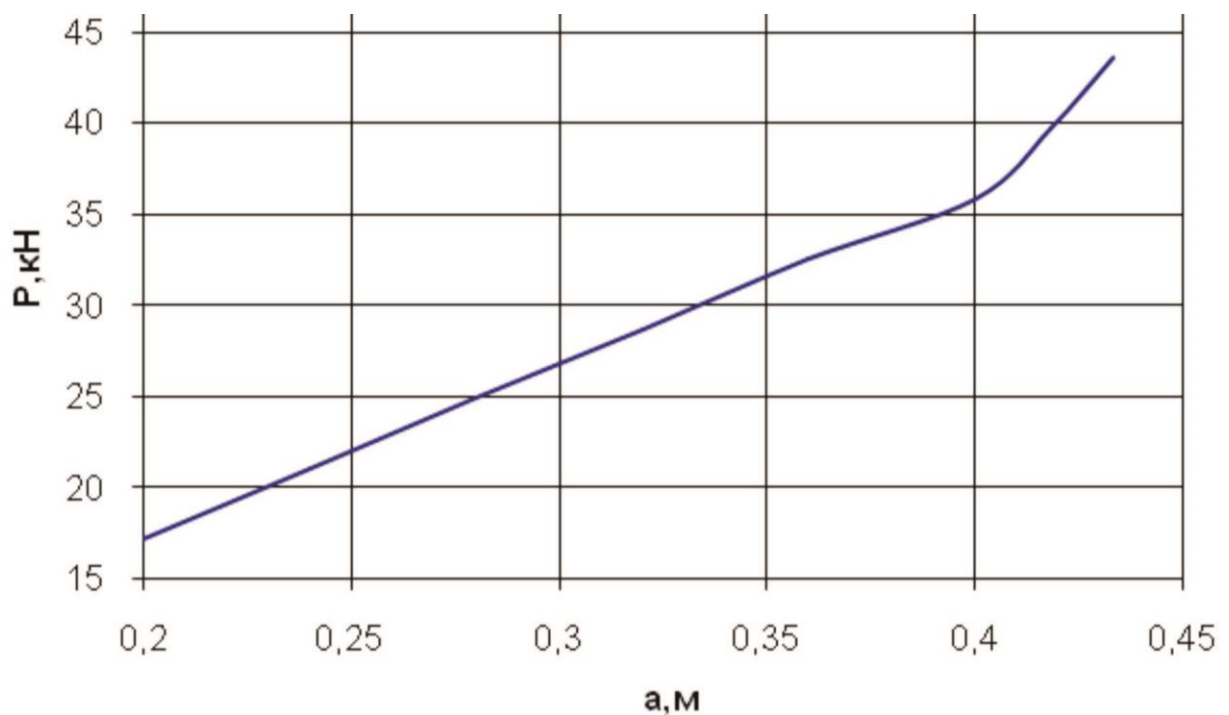


Рисунок 3.2 – Залежність тягового опору чизельного знаряддя від глибини обробітку на переуцільнених ґрунтах по попереднику озима пшениця

Дослідження проводились для двох значень швидкостей руху агрегату. Так, було встановлено, що при збільшенні швидкості та глибини обробітку тяговий опір має більше значення на підвищеній швидкості руху. Причому

при глибині обробітку до 10 см збільшення швидкості руху впливає на зміну тягового опору повільніше, ніж при більшій глибині обробітку ґрунту (рис. 3.3).

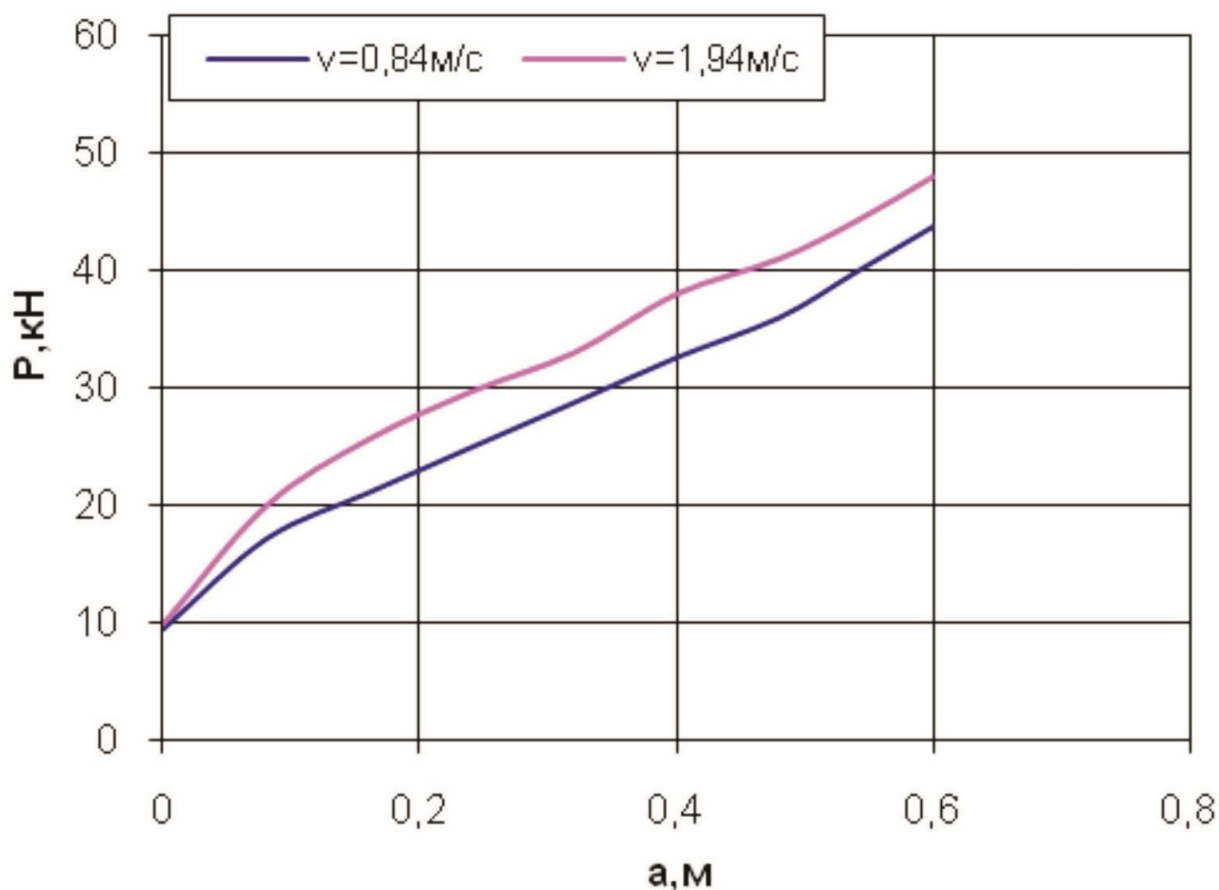


Рисунок 3.3 – Залежність тягового опору чизельного знаряддя для пошарового обробітку ґрунту від глибини при різних швидкостях його руху

Аналіз залежностей тягового опору від швидкості руху агрегату при різних глибині обробітку ґрунту (рис. 3.4) показав, що в інтервалі швидкостей 0,84...2,64 м/с тягове зусилля на глибину 0,2 м зростає на 13,5%, а при обробітку на глибину 0,36 м – на 17,8%. Відповідно, приріст тягового зусилля зі зростом швидкості руху агрегату має найбільш важливе значення при більшій глибині обробітку ґрунту.

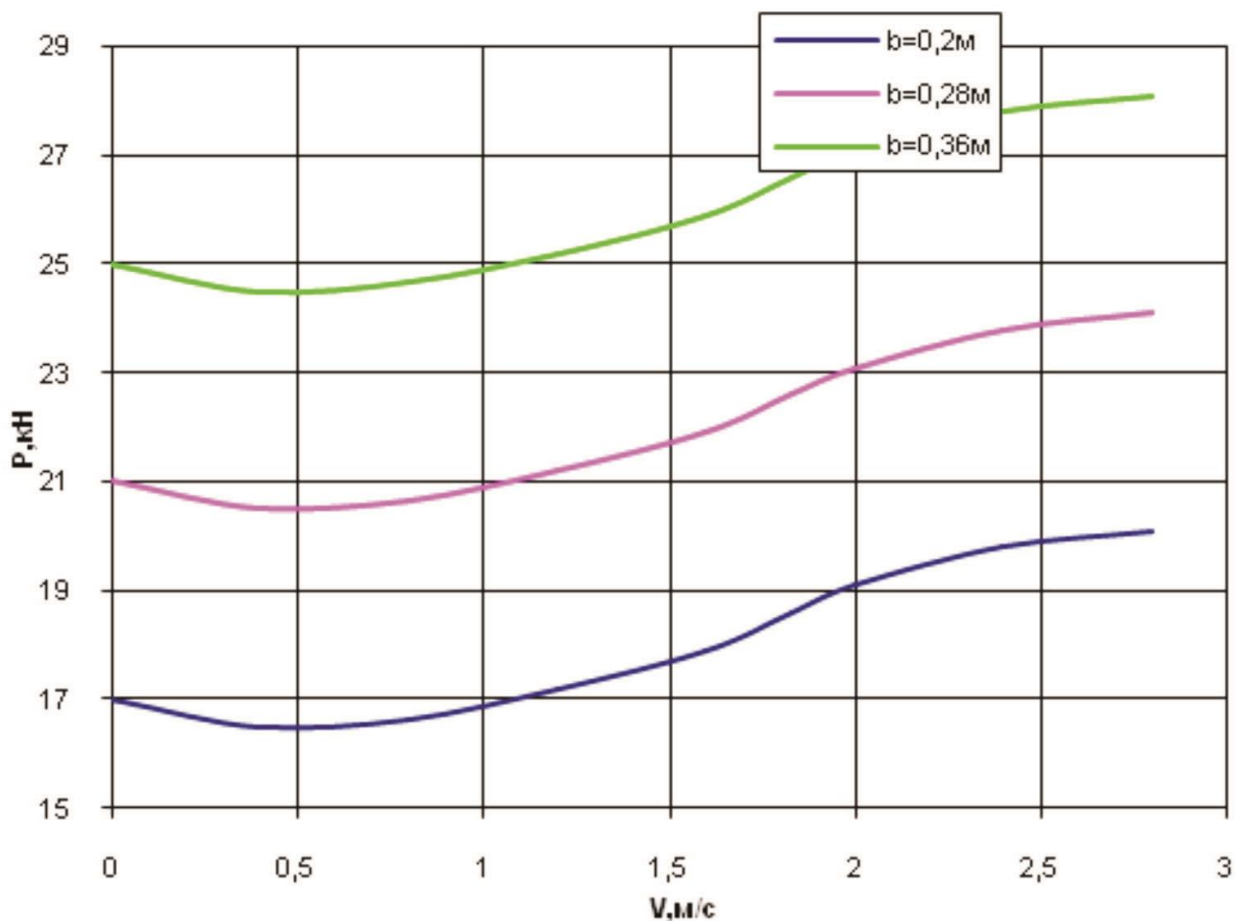


Рисунок 3.4 – Тяговий опір у залежності від швидкості руху агрегату при різній глибині обробки ґрунту (відповідно $b=0,2$; $0,28$; $0,36$ м.)

А зі збільшенням ширини міжсліддів (рис. 3.5) робочих органів тяговий опір підвищується по закону параболи, й тим інтенсивніше, чим більше глибина обробітку ґрунту.

Зниження тягового опору зумовлено виникненням деблокованого різання. По мірі зростання глибини обробітку, а тим самим, і площі поперечного перерізу, настає момент, коли обробіток ґрунту переходить до зону критичного різання $0,48$ м і відбувається різке зростання питомого опору (рис.3.6).

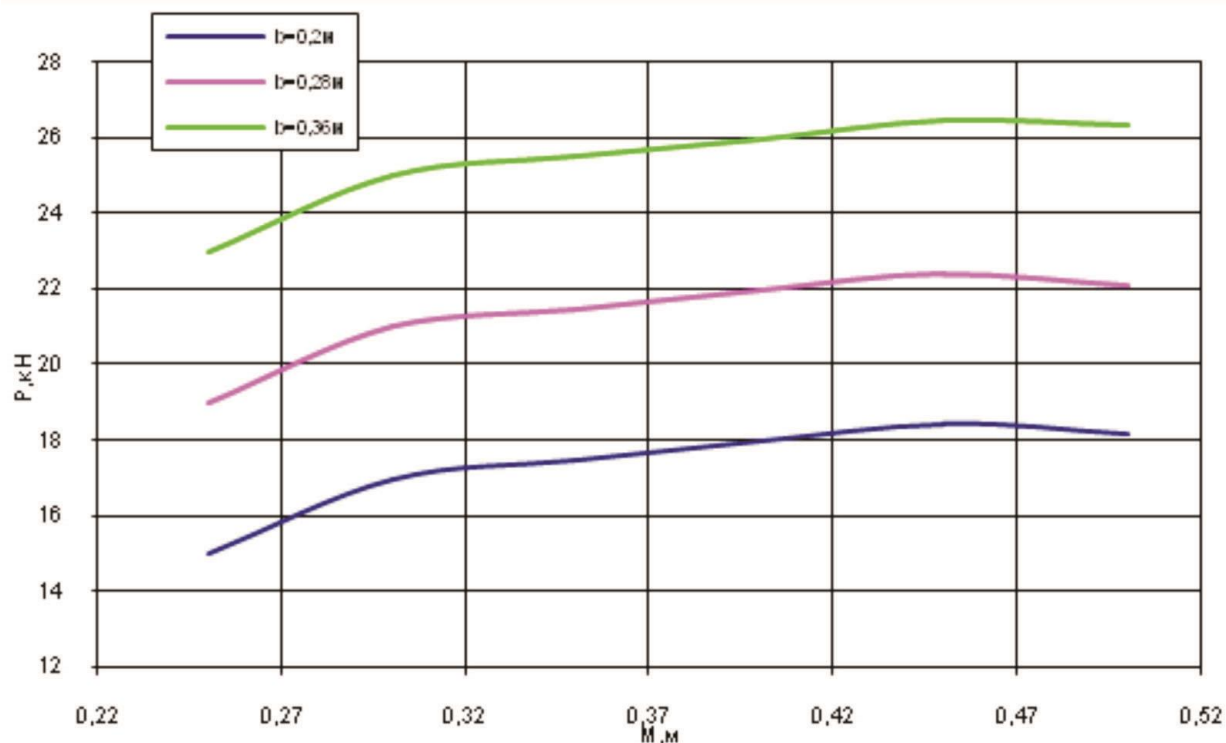


Рисунок 3.5 – Залежність тягового опору від ширини міжслідів робочих органів при різній глибині обробітку ґрунту (відповідно $b = 0,2; 0,28; 0,36$ м)

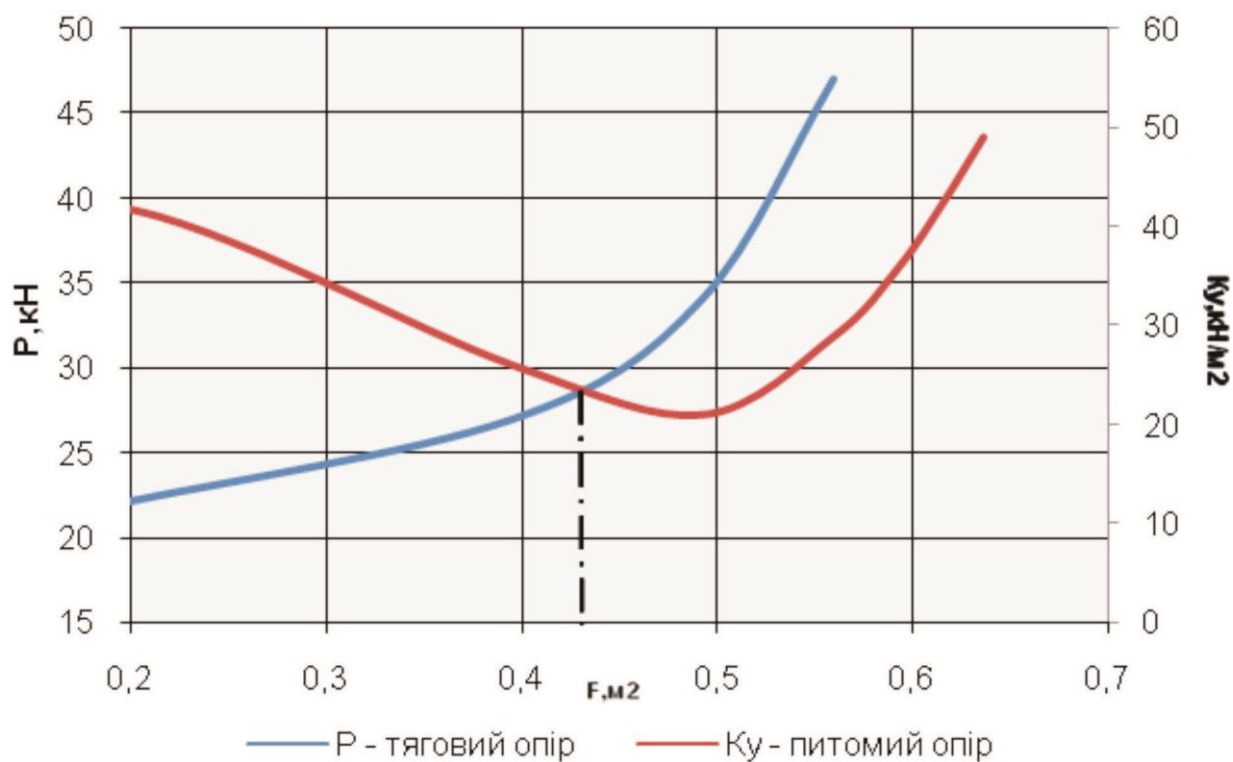


Рис.3.6 – Залежність тягового та питомого опору від площі перерізу розрихленого пласта на переущільнених ґрунтах по попереднику озима пшениця

3.2 Обґрунтування розташування робочих органів

Виходячи з умов мінімальної та максимальної глибини обробітку визначимо розташування по довжині та ширині робочих органів чизельного знаряддя для пошарового обробітку ґрунту. Методика розрахунків представлена у підрозділах 2.3 та 2.4 другого розділу роботи.

Зона деформації ґрунту при мінімальній глибині обробітку буде дорівнювати:

$$L_{1\min} = 0,08 + 0,15 \cdot \operatorname{tg}(25^\circ + 38^\circ) = 0,46 \text{ м};$$

$$L_{2\min} = 0,08 + 0,25 \cdot \operatorname{tg}(25^\circ + 29^\circ) = 0,42 \text{ м};$$

$$L_{3\min} = 0,08 + 0,35 \cdot \operatorname{tg}(25^\circ + 21^\circ) = 0,44 \text{ м}.$$

Зона деформації при максимальній глибині обробітку ґрунту буде дорівнювати:

$$L_{1\max} = 0,08 + 0,25 \cdot \operatorname{tg}(25^\circ + 38^\circ) = 0,42 \text{ м};$$

$$L_{2\max} = 0,08 + 0,35 \cdot \operatorname{tg}(25^\circ + 29^\circ) = 0,44 \text{ м};$$

$$L_{3\max} = 0,08 + 0,45 \cdot \operatorname{tg}(25^\circ + 21^\circ) = 0,55 \text{ м}.$$

Визначимо ширину захвату за умов мінімальної глибини обробітку:

$$B_{\min}^{150} = 0,03 + 2 \cdot 0,15 \cdot \operatorname{tg} \frac{42}{2} = 0,145 \text{ м};$$

$$B_{\min}^{250} = 0,03 + 2 \cdot 0,25 \cdot \operatorname{tg} \frac{42}{2} = 0,22 \text{ м};$$

$$B_{\min}^{350} = 0,03 + 2 \cdot 0,35 \cdot \operatorname{tg} \frac{42}{2} = 0,3 \text{ м}.$$

Тоді відстань між робочими органами з урахуванням коефіцієнту перекриття ΔX буде дорівнювати:

$$B_{\min}^{150} = \frac{0,03}{2} + 2 \cdot 0,145 - 0,04 = 0,265 \text{ м};$$

$$B_{\min}^{250} = \frac{0,03}{2} + 2 \cdot 0,22 - 0,04 = 0,415 \text{ м};$$

$$B_{\min}^{350} = \frac{0,03}{2} + 2 \cdot 0,3 - 0,04 = 0,575 \text{ м}.$$

Визначаємо ширину захвату за умов максимальної глибини обробітку:

$$B_{\max}^{250} = 0,03 + 2 \cdot 0,25 \cdot \operatorname{tg} \frac{42}{2} = 0,22 \text{ м};$$

$$B_{\max}^{350} = 0,03 + 2 \cdot 0,35 \cdot \operatorname{tg} \frac{42}{2} = 0,3 \text{ м};$$

$$B_{\max}^{450} = 0,03 + 2 \cdot 0,45 \cdot \operatorname{tg} \frac{42}{2} = 0,38 \text{ м}.$$

Тоді відстань між робочими органами з урахуванням коефіцієнту перекриття ΔX буде дорівнювати:

$$B'_{\max}^{250} = \frac{0,03}{2} + 2 \cdot 0,22 - 0,04 = 0,415 \text{ м};$$

$$B'_{\max}^{350} = \frac{0,03}{2} + 2 \cdot 0,3 - 0,04 = 0,575 \text{ м};$$

$$B'_{\max}^{450} = \frac{0,03}{2} + 2 \cdot 0,38 - 0,04 = 0,735 \text{ м}.$$

3.3 Висновки по розділу

1. Аналіз результатів теоретичних досліджень показав, що тяговий та питомий тяговий опір у функції площі розрихленого пласта має лінійну залежність до критичної глибини різання (різання з відділенням ґрунтової стружки), значення якої приблизно 0,36м.

2. При обробітку ґрунту на більшу глибину різання тяговий та питомий опір різко починає збільшуватись за рахунок блокованого різання.

3. При збільшенні швидкості різання у інтервалі між 0,84...2,64 м/с тяговий опір при обробітку ґрунту на глибину 0,2м починає підвищувати на 13,5%, а при обробці на 0,36м підвищується на 17,8%. Звідси виходить, що приріст тягового опору з підвищенням швидкості агрегату має найбільш суттєве значення при глибокому обробітку ґрунту.

4. Залежність тягового опору від ширини міжслідів робочих органів при роботі змінюється по ламаній кривій, що відсікає вісь ординат на величину fG . Тяговий опір збільшується тим більше, чим більша глибина обробітку ґрунту.

5. Залежність тягового та питомого тягового опору у функції площі розрихленого пласта має лінійну залежність до критичної глибини різання (різання з відділенням ґрунтової стружки), значення якої приблизно 0,43м.

6. Згідно агрономічного отриманого значення площі перерізу розрихленого пласта ґрунту задовольняє умови, при яких на знаряддя діє мінімальний тяговий і питомий опір, а отже нас задовольняє дане значення площі поперечного перерізу пласту ґрунту. Якщо отримане значення буде більше ніж отримане, умови мінімуму не виконуються, а отже буде більший знос робочих органів, що призведе до більших затрат.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Охорона праці – це система правових, соціально економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці. Ефективним методом організації охорони праці на підприємстві є системний підхід, тобто об'єднання розрізнених заходів з охорони праці в єдину систему цілеспрямованих дій на всіх рівнях і стадіях управління виробництвом шляхом створення і забезпечення функціонування системи управління охороною праці [20, 21].

4.1 Аналіз стану організації робіт по забезпеченню охорони праці

Закон України «Про охорону праці» зобов'язує власника створити в кожному структурному підрозділі і на робочому місці умови праці відповідно до вимог нормативних документів, а також забезпечити дотримання прав робітників по охороні праці, гарантованих іншими Законодавчими актами. На підприємстві у відповідності з наказом Міністра аграрної політики України повинна бути розроблена система управління охороною праці, яка передбачає порядок розробки, затвердження, зміст та скасування 17 нормативних актів підприємства.

Система управління охороною праці (СУОП) – це сукупність взаємопов'язаних органів управління підприємством (підрозділом), які на підставі комплексу нормативної документації проводять цілеспрямовану, планомірну діяльність по здійсненню відповідних функцій і методів управління трудовим колективом з метою виконання поставлених завдань і заходів з охорони праці. Процес управління виконанням завдань охорони праці на підприємстві і в кожному підрозділі здійснюється керівником підприємства (підрозділу) шляхом послідовного виконання таких функцій управління:

- 1) прогнозування і планування робіт з охорони праці;
- 2) організація роботи;

- 3) оперативне керівництво і координація;
- 4) стимулювання;
- 5) контроль, облік, аналіз роботи з охорони праці.

Прогнозування роботи з охорони праці на підприємстві і в його підрозділах здійснюється керівниками підприємства і його підрозділів на підставі аналізу причин травматизму та профзахворювань, а також шляхом збору пропозицій робітників та інженерно-технічних працівників, враховуючи вимоги нормативної документації, а також по результатах атестації і паспортизації умов праці, визначають необхідні заходи з охорони праці.

Планування робіт з охорони праці підприємства включає розробку таких планів:

- 1) розділ «Охорона праці» у колективному договорі;
- 2) оперативний (квартальні, місячні) плани;

Вихідними даними для роботи і розробки планів з охорони праці є результати паспортизації і атестації умов праці на робочих місцях, результати вивчення причин травматизму і захворювань, матеріали цільових перевірок стану охорони праці, виконання попередніх планів.

Організація процесу управління охороною праці здійснюється шляхом розробки на підприємстві Положення «Про обов'язки і відповідальність посадових осіб і працівників щодо охорони праці» та його виконання.

Оперативне керівництво і координація роботи з охорони праці здійснюється керівництвом підприємства і його підрозділів шляхом застосування відповідних методів управління: організаційно-розпорядчих; соціально-психологічних і економічних.

Організаційно-розпорядчі методи включають в себе виконання посадових обов'язків з охорони праці, видання і виконання наказів, розпоряджень, постанов.

Соціально-психологічні методи управління включають в себе: навчання і виховання персоналу, проведення інструктажів, моральне стимулювання, особистий приклад керівника щодо виконання вимог охорони праці.

Для попередження травматизму слід для відповідальних професій застосовувати профвідбір і профорієнтацію, попереджувати допуск до роботи людей у хворобливому і нетверезому стані, вести боротьбу зі шкідливими звичками, підвищувати культуру виробництва.

Економічні методи управління охороною праці полягають в матеріальному стимулюванні роботи з охорони праці.

Організаційна структура СУОП будується у відповідності з організаційною структурою управління виробництвом. В управлінні охороною праці беруть участь керівники всіх рівнів управління підприємством, уповноважені трудового колективу з питань охорони праці, комісія з питань охорони праці, профспілковий комітет [22]. Найважливішими нормативними актами є:

- а) Положення про систему керування;
- б) Положення про службу охорони праці підприємства;
- в) Положення про навчання, інструктаж і перевірку знань працівників з питань охорони праці;
- г) Інструкції з охорони праці для працюючих по професіях і видам робіт;
- д) Загальнооб'єктивні і цехові інструкції про заходи пожежної безпеки.

Виходячи з нормативних документів необхідно: розробити Положення про систему керування охороною праці, у якому покласти відповідальність за розробку, контроль і впровадження на головного інженера, а на виробничих ділянках – на керівників ділянок.

Обробіток ґрунту забезпечується наступними правилами:

- а) Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві [23].
- б) Положення про розробку інструкцій з охорони праці.
- в) Типові положення про навчання з питань охорони праці.
- г) Деякі питання розслідування та обліку нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві.
- д) Правила технічної експлуатації споживачів і правила техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів.

е) Типове положення про діяльність уповноважених найманими працівниками осіб з питань охорони.

ж) Санітарні норми допустимих рівнів шуму на робочих місцях.

4.2 Постановка завдання щодо досліджень з питань охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях

Вимоги до кутів поперечної статичної стійкості повинні бути для тракторів – не менше 33 град., для машин в агрегаті з енергетичним засобом – не менше 30 град. (за ГОСТ 12.2.019-86), винятки обумовлюються у технічному завданні на проектування машини.

Навантаження на керовані колеса машинно-тракторного агрегату (МТА) з повністю заправленою машиною (насіння, туки, робоча рідина тощо) повинно бути не менше 0,2 експлуатаційної маси енергетичного засобу.

Машини, які встановлюються у відчепленому стані, повинні зберігати стійке положення, яке забезпечує безпечне з'єднання з енергетичним засобом.

Рухомі (обертові) частини або частини, які мають температуру нагрівання понад 70 град., повинні бути захищені огороженнями або кожухами.

Навісні та причіпні машини не повинні заважати доступу оператора на робоче місце, операціям щодо керування агрегатом, огляду ділянки роботи та робочих органів, а також операціям з технічного обслуговування.

Трактори обладнуються звуковим сигналом з включенням з робочого місця. Рівень звуку цього сигналу на відстані 1 м від трактора повинен перевищувати не менш ніж на 8дБА зовнішній шум трактора. Рівень звуку зовнішнього шуму тракторів та машин не повинен перевищувати 80дБА.

4.3 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів

Під час експлуатації агрегату [20] виникають небезпечні і шкідливі для механізатора механічні, термічні, біологічні та психологічні фактори. Основ-

ними носіями їх є предмети і продукти праці, засоби виробництва, природо-кліматичні умови та виробниче середовище.

Усі небезпечні та шкідливі виробничі фактори можна розділити на три основні типи:

- фактори, пов'язані зі станом механізатора;
- фактори, пов'язані зі станом машини та її готовністю до виконання технологічної операції;
- фактори, пов'язані з виробничим середовищем та його впливом на обслуговуючий персонал.

У відповідності з наведеною вище класифікацією під час експлуатації агрегату для глибокого розпушення ґрунту поява небезпечних та шкідливих факторів в певній мірі може бути обумовлена можливістю того, що:

- на робочому місці відсутні інструкції з техніки безпеки;
- обслуговуючий персонал не пройшов інструктаж з техніки безпеки;
- обслуговуючий персонал не пройшов медичний огляд і не має відповідних документів;
- має місце монотонність праці;
- в навісній системі трактора, його оливному насосі, гідравлічному розподілювачі, гідравлічному циліндрі та трубопроводах є тріщини, пошкодження, руйнування або має місце підтікання оливи;
- в двигуні трактора є тріщини, пошкодження, підтікання охолоджувальної рідини та мастила;
- двигун трактора не відрегульований у відповідності з вимогами інструкції по експлуатації;
- температура повітря не відповідає ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. «Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони». Для теплого періоду року і категорії робіт Пб температура повітря повинна бути в межах від 17° до 23°С. Фактична температура повітря в умовах півдня України може доходити до 31°С і більше;

– запилення повітря не відповідає ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. «Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони». Для теплого періоду року і категорії робіт Пб запилення повітря повинно бути меншим 10 мг/м³. Фактична величина запилення повітря може досягати 80 мг/м³;

– шум не відповідає вимогам ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. «Шум. Загальні вимоги безпеки». Рівень шуму не повинен перевищувати 85 дБ. Фактичний рівень шуму в зоні роботи чизельного МТА становить 86-88 дБ;

– вібрація робочого місця механізатора не відповідає вимогам ДСТУ ГОСТ 12.1.012:2008;

– освітленість не відповідає вимогам СНіП II-4-79 і ГОСТ 12.2.002-80. Освітленість робочого місця повинна бути не меншою 10 лк. Фактично вона знаходиться на рівні 7-8 лк;

- деякі вузли та деталі агрегату мають гострі краї;
- деталі, що обертаються, не захищені спеціальними кожухами;
- має місце небезпека технічного і технологічного обслуговування чизельного агрегату.

Режими руху сільськогосподарських машин і машинно-тракторних агрегатів під час виконання технологічних операцій повинні відповідати технологічним картам та експлуатаційній документації і не допускати їх зіткнення та наїздів на працівників і відпочиваючих.

В зоні можливого руху маркерів або 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.

Визначення основних факторів небезпеки приведено у таблиці 4.1.

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

Заправка автомобілів і тракторів пально-мастильними матеріалами повинна проводитись із врахуванням вимог Правил пожежної безпеки в Україні [22, 24].

У темну пору доби машини повинні працювати із включеними джерелами світла, які передбачені конструкцією машини, або із штучним освітлен-

ням території. При груповому методі роботи дистанція повинна бути між орними, посівними, садильними і збиральними - не менше 30 м;

При зустрічному вітрі дистанція має бути збільшена до значень, за яких був би відсутній взаємний вплив шкідливих і небезпечних виробничих факторів.

Машини загального призначення використовуються при проведенні робіт на полях із нахилом до 9° (16%).

Причіпні сільськогосподарські машини, які обладнані постійними робочими місцями, повинні мати справну двосторонню сигналізацію.

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

Загальні вимоги безпеки передбачають підготовку, прийняття та реалізацію рішень по здійсненню організаційних, технологічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів, направлених на забезпечення безпеки, збереження здоров'я і працездатності людини в процесі виконання нею технологічного процесу. При цьому приймається до уваги, що безпека виробничого обладнання, технологічних і трудових процесів є об'єктом якісної і кількісної оцінки по визначенню безпеки праці.

Заходи дозволять значно знизити потенційну небезпеку, покращити умови і, як правило, продуктивність праці механізатора.

Взагалі карти контролю робочих місць (мобільних чи стаціонарних) розробляються на основі стандартів по методах оцінки безпеки праці та іншої нормативно-технічної документації (інструкцій по діагностуванню техніки, каталогів, технічних вимог тощо). Дані карти є нормативно-довідниковим документом при інвентаризації, паспортизації та атестації робочих місць по показникам безпеки, інформаційному забезпеченню керування охороною праці. Вони включають:

- 1) методи технічного контролю робочих місць по показникам безпеки;
- 2) порядок та умови проведення діагностування техніки;
- 3) методи обробки результатів паспортизації та атестації робочих місць.

Таблиця 4.1 – Основні фактори небезпеки при роботі агрегату

Назва фактора небезпеки	Властивості і допустимі значення факторів	Реакція організму на фактор небезпеки	Передбачаємий вид збитку			Ранг небезпеки факторів			
			ЛП	Група інвалідності		Видужання	00	I	
				1	2			3	Д
Підвищена температура повітря	17-23°C	тепловий удар						+	
Підвищена температура устаткування	+ 40°C	опік							+
Токсичність парів палива	0,25мг/м	отруєння				+	+		+
Недостатня освітленість	300лк	втрата гостроти зору	+	+	+	+	+		+
Підвищений рівень шуму	85Дб	Захворювання				+			+
Підвищений рівень вібрації	25Дб	Захворювання				+			+
Несправності ходової частини, двигуна, систем керування	-	аварія	+	+	+	+	+		
Несправності систем агрегату	-	аварія, опіки				+			+
Ланцюгові передачі й інші механізми агрегату	-	травма				+	+		+

Карти також дозволяють удосконалювати методичне забезпечення керування охороною праці і використовуються під час контролю робочих місць по показниках безпеки у всіх випадках передавання техніки від одної матеріально-відповідальної особи іншій, в тому числі при укладанні договору орендного, бригадного, сімейного чи індивідуального підрядів.

У відповідності з картами контроль обов'язковий у випадках:

- 1) передпродажної підготовки техніки;
- 2) знятті зі збереження техніки на машинних дворах та введенні її в експлуатацію;
- 3) оцінці якості технологічного стану машин після їх технічного обслуговування та ремонту;
- 4) передачі основних засобів в оренду як в межах самого господарства, так і зовнішньому споживачу;
- 5) комплектуванні та регулюванні агрегатів в процесі організаційно-технічної підготовки виробництва;
- 6) перевірці стану безпеки робочих місць в процесі їх паспортизації, роботи органів державного та відомчого контролю.

Проведення контролю неякісно і в неповному обсязі підвищує потенційну небезпеку того чи іншого робочого місця. Для проведення кваліфікованого контролю в господарствах використовують робочі місця по технічному обслуговуванню і ремонту, обладнані повним набором діагностуючих приладів згідно наведених карт, або спеціально підготовлені майданчики. При відсутності необхідних умов потрібно передбачити відповідні заходи в колективному договорі в розділі з охорони праці.

4.4 Екологічна безпека

Спостереження за станом навколишнього природного середовища, рівнем його забруднення здійснюється керівником підприємства, якщо його діяльність призводить або може призвести до погіршення стану навколишнього природного середовища. Керівництво підприємства зобов'язане безоплатно

передавати відповідним державним органам аналітичні матеріали своїх спостережень.

В їх обов'язки також входить проведення первинного обліку в галузі охорони навколишнього природного середовища і безоплатне надання відповідної інформації органам, що ведуть державний облік у цій галузі. Інформація про стан навколишнього природного середовища (екологічна інформація) – це будь-яка інформація в письмовій, аудіовізуальній, електронній чи іншій матеріальній формі про:

- стан навколишнього природного середовища чи його об'єктів – землі, вод, надр, атмосферного повітря, рослинного і тваринного світу та рівні їх забруднення;

- біологічне різноманіття і його компоненти, включаючи генетично видозмінені організми та їх взаємодію із об'єктами навколишнього природного середовища;

- джерела, фактори, матеріали, речовини, продукцію, енергію, фізичні фактори (шум, вібрацію, електромагнітне випромінювання, радіацію), які впливають або можуть вплинути на стан навколишнього природного середовища та здоров'я людей;

- загрозу виникнення і причини надзвичайних екологічних ситуацій, результати ліквідації цих явищ, рекомендації щодо заходів, спрямованих на зменшення їх негативного впливу на природні об'єкти та здоров'я людей;

- екологічні прогнози, плани і програми, заходи, в тому числі адміністративні, державну екологічну політику, законодавство про охорону навколишнього природного середовища;

- витрати, пов'язані із здійсненням природоохоронних заходів за рахунок фондів охорони навколишнього природного середовища, інших джерел фінансування, економічний аналіз, проведений у процесі прийняття рішень з питань, що стосуються довкілля.

Підприємство зобов'язане забезпечувати екологічно безпечне виробництво, зберігання, транспортування, використання, знищення, знешкодження і

захоронення мікроорганізмів, інших біологічно активних речовин та предметів біотехнології, а також інтродукцію, акліматизацію і реакліматизацію тварин і рослин, розробляти і здійснювати заходи щодо запобігання та ліквідації наслідків шкідливого впливу біологічних факторів на навколишнє природне середовище та здоров'я людини. Підприємство повинно бути обладнане спорудами, устаткуванням і пристроями для очищення викидів і скидів або їх знешкодження, зменшення впливу шкідливих факторів, а також приладами контролю за кількістю і складом забруднюючих речовин та за характеристиками шкідливих факторів. Безпосередня відповідальність за виконання вищеназваних обов'язків лежить на керівникові підприємства. За недотримання і невиконання вимог екологічної безпеки передбачена дисциплінарна, адміністративна, цивільна і кримінальна відповідальність.

Будь-який рівень екологізації виробництва визначається рівнем розвитку техніки, а його вдосконалення – новою технікою, яка розробляється і використовується у виробництві. Технічні заходи екологізації суспільного виробництва передбачають: зниження матеріалоемності машини та обладнання, тобто зменшення витрат природних ресурсів на одиницю потужності обладнання, машин, механізмів (будь-яке обладнання повинно бути якомога меншим); зниження енергоемності машини, тобто, механізмів, транспортних засобів для їх приведення в рух повинно споживатись менша кількість палива та інших типів енергії (електричної, теплової), які в свою чергу одержують в результаті використання природних ресурсів; підвищення продуктивності машини та механізмів, тобто збільшення кількості роботи, яка виконується за одиницю часу, що рівнозначно виконанню рівного об'єму роботи меншою кількістю машин, тобто знижуються матеріальні та енергетичні витрати на одиницю виконаної роботи; підвищення одиничної потужності машини та покращення параметрів їх роботи, тобто для переробки певної кількості сировини необхідно меншу кількість одиниць машин та обладнання; покращення екологічних характеристик машин та обладнання, тобто робота обла-

днання повинна супроводжувалась виділенням меншої кількості відходів та інших екологічно шкідливих параметрів.

4.5 Пожежна безпека

Роботодавець повинен забезпечити стан пожежної безпеки відповідно до «Правил пожежної безпеки в Україні», затверджених наказом Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій від 19 жовтня 2004 року № 126, зареєстрованих у Міністерстві юстиції України 04 листопада 2004 року за № 1410/10009 (далі - НАПБ А.01.001-2004).

Для уникнення загоряння МТА необхідно [24, 28]:

1. Перевірити наявність первинних засобів пожежегасіння та їх розміщення в місцях, спеціально передбачених для цих цілей. Ознайомитись з правилами користування ними та забезпечити до них вільний доступ.

2. Заборонено працювати у спецодязі, просоченому паливом і мастилами. Це пожеже небезпечно!

3. Заборонено зупинятись, ремонтувати або обслуговувати МТА під лініями електропередач високої напруги. Не торкатись обірваних проводів ЛЕП.

4. Заборонено використовувати пожежний інвентар не за призначенням.

5. Неможна завішувати одягом та складати будь-які предмети на засоби пожежегасіння.

6. Під'їжджати на тракторі до заправного пункту пально-мастильними матеріалами треба так, щоб випускна труба знаходилась з протилежного боку від пункту. Перед заправкою трактора необхідно загальмувати агрегат, вимкнути двигун.

7. Заправлення паливом енергетичного засобу проводити лише за допомогою насоса та шланга через лійку (тільки закритим способом).

8. При виникненні необхідності заправки пально-мастильними матеріалами в темну пору доби на полі, необхідно освітлювати місце заправки світлом фар іншого трактора (автомобіля) або електричним ліхтарем. Заборонено використовувати для освітлення відкритий вогонь.

4.7 Висновки по розділу

У будь-якому господарстві при вирощуванні польових культур використання техніки завжди вимагає дотримання вимог техніки безпеки. Особливо це стосується знарядь для обробітку ґрунту. Обов'язково необхідно розробити інструкції з охорони праці та провести інструктаж працівників. Нехтування охорони праці може призвести до тяжких наслідків. Також було розроблено перелік основних факторів небезпеки при роботі агрегату та їх можливі наслідки.

Наведено аналіз заходів щодо екологічної та пожежної безпеки, виконання яких дозволить уникнути негативних впливів як на робітників, техніку, а також навколишнє середовище.

5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ РОБОТИ

5.1 Методика розрахунку та підготовка вихідних даних для порівняльного техніко-економічного аналізу

Економічну ефективність використання модернізованого знаряддя для смугового пошарового обробітку ґрунту розраховували з умов наробітки на один гектар [25 – 29]. При цьому за базу для порівняння було прийнято ПЧ-2,5 – аналог, що виконує глибокий безвідвальний обробіток ґрунту. В якості енергетичного засобу було обрано трактор ХТЗ-170, який при роботі з ними має номінальну тягову потужність.

Економічне оцінювання агрегатів проводили згідно з ДСТУ 4397:2005 [29]. Відповідно до нього критерієм економічного оцінювання було обрано річний економічний ефект від експлуатації нового агрегату для основного пошарового обробітку ґрунту з урахуванням зміни кількості та якості продукції у гривнях.

Обраний критерій визначали за формулою:

$$O = E_{я} + B_{з} \cdot (P_{б} - P_{н}), \quad (5.1)$$

де $P_{б}$, $P_{н}$ – сукупні витрати на одиницю наробітку відповідно по базовому і новому агрегату, грн/га;

$B_{з}$ – річний обсяг наробітку новим МТА в умовах певної природно-кліматичної зони, га;

$E_{я}$ – річний економічний ефект, отриманий за рахунок зміни кількості та якості продукції, грн.

тут
$$E_{я} = C_{ян} - C_{яб}, \quad (5.2)$$

$C_{ян}$, $C_{яб}$ – вартість продукції, одержаної у разі застосування відповідно нової та базової машини протягом року, грн.

$$C_{я} = \sum_{j=1}^n C_j \cdot V_j, \quad (5.3)$$

де C_j – закупівельна ціна одиниці j -ої продукції, грн.;

V_j – кількість j -ої продукції, одержаної у разі застосування нової чи базової машини, кг.

Після підстановки (5.3) у (5.2) річний економічний ефект, отриманий за рахунок зміни кількості та якості продукції, визначиться як

$$E_{я} = C_n \cdot V_n - C_o \cdot V_o, \quad (5.4)$$

При проведенні розрахунків враховували лише різну кількість продукції при однаковій закупівельній ціні.

Зональний річний обсяг наробітку новим агрегатом B_3 становив

$$B_3 = W_{зм} \cdot T_3, \quad (5.5)$$

де $W_{зм}$ – продуктивність нового агрегату за 1 год. змінного часу, га/год.;

T_3 – зональне річне навантаження агрегату, год./рік [25, 26].

$$W_{зм} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot \tau, \quad (5.6)$$

де B_p – робоча ширина, м;

V_p – робоча швидкість МТА, км/год.;

τ – коефіцієнт використання часу зміни.

А сукупні витрати у гривнях на одиницю наробітку визначили з виразу

$$П = И + К \cdot E_n, \quad (5.7)$$

де $И$ – прямі експлуатаційні витрати, грн/га;

$К$ – питомі інвестиційні вкладення на агрегат, грн/га;

E_n – коефіцієнт ефективності інвестиційних вкладень ($E = 0,15$) [27, 29];

тут питомі інвестиційні вкладення на агрегат дорівнювали:

$$К = B / (T_3 \cdot W_{зм}), \quad (5.8)$$

де B – балансова вартість компонента агрегату (трактора, знаряддя), грн.

тут
$$B = C_M \cdot k_o, \quad (5.9)$$

C_M – ціна машини, грн.;

k_{δ} – коефіцієнт перерахунку ціни машини у балансову вартість.

Коефіцієнт перерахунку ціни машини у балансову вартість дорівнює $k_{\delta} = 1,1$ для машин та устаткування, що не потребують монтажних робіт чи додаткового складання безпосередньо на місці експлуатації і $k_{\delta} = 1,2$ – якщо вони потребують вище перелічені роботи.

Прямі експлуатаційні витрати у гривнях на одиницю наробітки визначають як

$$I = Z + \Gamma + P + A + M, \quad (5.10)$$

де Z – затрати на оплату праці обслуговуючого персоналу, грн/га;

Γ – затрати на паливо-мастильні матеріали, грн/га;

P – затрати на ремонт і технічне обслуговування, грн/га;

A – затрати на амортизацію, грн/га;

M – затрати на зберігання, страхування та монтування, грн/га.

Проведемо розрахунки кожного зі складових виразу (5.9).

Оплата праці працівників при виконанні технологічної операції залежить від складності роботи, а відповідно й від кваліфікації робітника. У сільському господарстві кваліфікація працівника оцінюється за розрядами. Технологічні операції чизелювання ґрунту відносяться до 5 – 6 розряду [25, 26].

Затрати на оплату праці обслуговуючого персоналу знаходили з виразу:

$$Z = \sum_{i=1}^n L_i \cdot t_i \cdot r_i \cdot k_D \cdot n_i / W_{з.м.}, \quad (5.11)$$

де L_i – кількість i -ої категорії виробничого персоналу, зайнятого для виконання основного технологічного процесу, технічного обслуговування та ремонтування машини, люд.;

t_i – тривалість зайнятості i -го виробничого персоналу, год.;

r_i – погодинна тарифна ставка оплати праці на i -му виді робіт, грн/люд·год;

k_D – коефіцієнт, що враховує доплати до годинної ставки за продукцію, класність, стаж роботи тощо;

n_i – коефіцієнт нарахувань на заробітну плату (пенсійний фонд, соціальне страхування, фонд сприяння зайнятості).

Затрати на паливо-мастильні матеріали розраховували по формулі:

$$G = q \cdot C_{kn}, \quad (5.12)$$

де q – питомі витрати палива, кг/га;

C_{kn} – комплексна ціна палива, грн./кг.

А затрати на ремонт і технічне обслуговування визначали з виразу:

$$P = \frac{B \cdot (r_T + r_K)}{W_{zm} \cdot T_3}, \quad (5.13)$$

де r_T – коефіцієнт відрахувань на поточний ремонт та ТО;

r_K – коефіцієнт відрахувань на капітальний ремонт.

Затрати на амортизацію знаходили по формулі:

$$A = B \cdot a / (W_{zm} \cdot T_3), \quad (5.14)$$

де a – коефіцієнт відрахувань на амортизацію, %.

Коефіцієнт відрахувань на амортизацію машини визначали за допомогою прямолінійного методу нарахування амортизації:

$$a = 1/n,$$

де n – термін служби машини в роках.

Затрати на зберігання, страхування та монтування визначали як

$$M = \left(\sum_{i=1}^n Z_{ni} \cdot r_i \cdot k_i + C_D + S_{ЗСМ} \right) / (W_{zm} \cdot T_3), \quad (5.15)$$

де Z_{ni} – затрати праці i -ої категорії працівників на доскладання та монтування устаткування, люд.-год.;

Π_D – вартість матеріалів, які використані на доскладанні та монтуванні машини, грн.;

$S_{ЗСМ}$ – річні витрати на зберігання та страхування машини, грн.

Після підстановки (5.11) – (5.15) у вираз (5.10) і перетворень отримуємо

$$I = \sum_{i=1}^n \mathcal{L}_i \cdot t_i \cdot r_i \cdot k_D \cdot n_i / W_{ЗМ} + q \cdot \Pi_{кп} + \frac{\Pi_M \cdot k_{\delta} \cdot (r_T + r_K + 1/n) + \sum_{i=1}^n \mathcal{Z}_{ni} \cdot r_i \cdot k_i + \Pi_D + S_{ЗСМ}}{W_{ЗМ} \cdot T_3}, \quad (5.16)$$

Тоді сукупні витрати у гривнях на одиницю наробітку визначаються як

$$\begin{aligned} \Pi = & \sum_{i=1}^n \mathcal{L}_i \cdot t_i \cdot r_i \cdot k_D \cdot n_i / W_{ЗМ} + q \cdot \Pi_{кп} + \\ & + \frac{\Pi_M \cdot k_{\delta} \cdot (r_T + r_K + 1/n) + \sum_{i=1}^n \mathcal{Z}_{ni} \cdot r_i \cdot k_i + \Pi_D + S_{ЗСМ} + \Pi_M \cdot k_{\delta} \cdot E_n}{W_{ЗМ} \cdot T_3} \end{aligned} \quad (5.17)$$

Після підставлення (5.4), (5.5) і (5.17) до (5.1) і перетворень річний економічний ефект від експлуатації нового агрегату з урахуванням зміни кількості та якості продукції визначиться за формулою

$$\begin{aligned} O = & \Pi_n \cdot V_n - \Pi_{\delta} \cdot V_{\delta} + W_{ЗМ} \cdot T_3 \times \\ & \times \left(\left(\sum_{i=1}^n \mathcal{L}_{\delta i} \cdot t_{\delta i} \cdot r_{\delta i} \cdot k_{\delta D} \cdot n_{\delta i} / W_{\delta ЗМ} + q_{\delta} \cdot \Pi_{\delta кп} + \right. \right. \\ & \left. \left. + \frac{\Pi_{\delta M} \cdot k_{\delta \delta} \cdot (r_{\delta T} + r_{\delta K} + 1/n_{\delta} + E_n) + \sum_{i=1}^n \mathcal{Z}_{\delta ni} \cdot r_{\delta i} \cdot k_{\delta i} + \Pi_{\delta D} + S_{\delta ЗСМ}}{W_{\delta ЗМ} \cdot T_{\delta 3}} \right) - \right. \\ & \left. - \left(\sum_{i=1}^n \mathcal{L}_{ni} \cdot t_{ni} \cdot r_{ni} \cdot k_{nD} \cdot n_{ni} / W_{нЗМ} + q_n \cdot \Pi_{нкп} + \right. \right. \\ & \left. \left. + \frac{\Pi_{нМ} \cdot k_{n\delta} \cdot (r_{нТ} + r_{нК} + 1/n_n + E_n) + \sum_{i=1}^n \mathcal{Z}_{ниi} \cdot r_{ni} \cdot k_{ni} + \Pi_{нD} + S_{нЗСМ}}{W_{нЗМ} \cdot T_{н3}} \right) \right) \end{aligned} \quad (5.18)$$

Другим важливим показником ефективності МТА є питомі витрати праці:

$$Z_{II} = \sum_{i=1}^n L_i \cdot t_i / B_z, \quad (5.19)$$

де L_i – кількість i -ої категорії виробничого персоналу, зайнятого для виконання основного технологічного процесу, технічного обслуговування та ремонтування машини, люд.;

t_i – тривалість зайнятості i -го виробничого персоналу, год.;

B_z – зональний річний обсяг наробітку машиною, га.

Річна економія витрат праці Z_{np} під час експлуатації нової машини, люд.-год.

$$Z_{np.} = (Z_{nb} - Z_{nn}) \cdot B_z, \quad (5.20)$$

де Z_{nb} , Z_{nn} – витрати праці відповідно базовою та новою машиною на одиницю наробітку, люд.-год./га.

А річна економія ресурсів під час експлуатації нової машини дорівнювала:

$$Z_{pp.} = (Z_{pb} - Z_{pn}) \cdot B_z, \quad (5.21)$$

де Z_{pb} , Z_{pn} – затрати ресурсів базовим та новим МТА на одиницю наробітку, грн./га.

Ступінь зміни витрат під час експлуатації нової машини порівняно з базовою у відсотках визначають за формулою:

$$C = 100 \cdot (Z_{zb} - Z_{zn}) / Z_{zn}, \quad (5.22)$$

де Z_{zb} , Z_{zn} – річні затрати (затрати праці, ресурсів, прямі експлуатаційні затрати, сукупні затрати) відповідно за базовою та новою машиною.

Вихідні дані для розрахунків економічної ефективності використання модернізованого знаряддя для смугового пошарового обробітку ґрунту наведені у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані для розрахунків економічної ефективності використання знаряддя для смугового пошарового обробітку ґрунту

Показник	Варіанти комплектації МТА	
	вихідний	проектований
Площа обробітку, га	100	100
Змінна продуктивність, га/год.	1,77	1,89
Кількість обслуговуючого персоналу, люд.	1	1
Ширина захвату агрегату, м	2,5	2,5
Робоча швидкість, км/год.	7,8	8,3
Нормативне навантаження машини, год.	130	130
Відрахування на ремонт трактора	0,26	0,26
Відрахування на ремонт машини	0,286	0,286
Погодинна оплата праці, грн/год.	49,8	49,8

5.2 Розрахунок річного економічного ефекту від впровадження агрегату

Розрахунок техніко-економічних показників порівнюваних агрегатів проводили на ЕОМ з використанням програми, написаної у Microsoft Office Excel. Основні показники порівняння техніко-економічної ефективності базових і нових агрегатів наведені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Техніко-економічна ефективність роботи МТА

Показник	Варіанти комплектації МТА	
	вихідний	проектований
Площа обробітку, га	100	100
Витрати палива, кг/га	10,2	9,13
Додаткові капітальні вкладення, грн.	–	16934
Річний економічний ефект, грн.	–	24610
Термін окупності додаткових капіталовкладень, роки	–	0,68

5.3 Висновки по розділу

В результаті розрахунку техніко-економічних показників було встановлено, що використання агрегатів для смугового пошарового обробітку ґрунту дозволить отримати зниження витрат палива на 10,49%.

Річний економічний ефект від впровадження знаряддя для смугового пошарового обробітку ґрунту за рахунок зниження витрат на паливо, а також за рахунок збільшення кількості та якості продукції через кращі умови розвитку рослин (розрахунок проводився для соняшнику) склав 24610 грн. при обробітку одного поля, а строк окупності додаткових капіталовкладень близько 1 року.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Сьогодні однією з проблем, що виникають перед аграріями, є переущільнення ґрунтів. Одним з варіантів його зниження є використання смугового основного обробітку восени. Це дає змогу зберегти покрив рослинних решток на полі, а також розуцільнити нижні шари ґрунту.

1. Проведено аналіз літературних джерел та виконано патентні дослідження знарядь смугового та пошарового обробітку ґрунту. Було встановлено, що такі знаряддя показують високу ефективність, кращу якість обробітку, менший тяговий опір в межах 8...11% в порівнянні з серійними.

2 Аналіз результатів теоретичних досліджень показав, що тяговий опір у функції площі розрихленого пласта має лінійну залежність до критичної глибини різання (різання з відділенням ґрунтової стружки), значення якої приблизно 0,36м. При обробітку на більшу глибину різання тяговий та питомий тяговий опір різко починає збільшуватись за рахунок блокованого різання. При збільшенні швидкості різання у інтервалі між 0,84.....2,64 м/с тяговий опір при обробітку ґрунту на глибину 0,2м починає підвищуватись на 13,5%, а при обробітку на 0,36м підвищується на 17,8%. Звідси виходить, що приріст тягового опору з підвищенням швидкості агрегату має найбільш суттєве значення при глибокому обробітку ґрунту.

3. Залежність тягового та питомого тягового опору у функції площі розрихленого пласта має лінійну залежність до критичної глибини різання. Тому необхідно позбавитись критичної глибини різання, а досягти цього можливо за рахунок пошарового і деблокованого різання.

4. Визначені основні небезпечні та шкідливі фактори для механізатора, які виникають при роботі агрегату для основного пошарового обробітку ґрунту.

5. Техніко-економічними розрахунками встановлено, що використання агрегатів для смугового пошарового обробітку ґрунту призводить до зниження витрат палива на 10,49%. Строк окупності модернізованого знаряддя близько 1 року. Це дозволяє судити про доцільність даного рішення.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Научные основы ведения сельского хозяйства зоны Степи УССР в системе агропромышленного комплекса /М-во сел. хоз-ва УССР, Юж. отделение ВАСХНИЛ; отв. ред. М.В. Хорунжий. – К.: Урожай, 1992. – 408 с., ил.
2. Кочев В.И., Белокопытов А.В., Вершков А.А. Особенности обработки почвы юга степной зоны Украины под посев зерновых / Изучение технологических свойств почвы в связи с уплотняющим воздействием сельскохозяйственной техники на почву: Сб. науч. тр. / УСХА. // В.И.Кочев, А.В.Белокопытов, А.А.Вершков – К. – 1984. – с.139-144.
3. Кострицин А. К. Обоснование типа и параметров рабочих органов к плугам безотвальным рыхлителям для щелевания дна борозды. / А. К. Кострицин // Тр. ВИМ. — 1981. – Т. 90. – С. 91 – 108.
4. Исследование работы чизельных орудий для глубокой обработки почвы / В.В.Труфанов, В.А.Юзбашев и др.// Тр. ВИМ. – 1978. Т. 82. – С. 115-138.
5. Ветров Ю. А. Резание грунтов землеройными машинами // Ю.А.Ветров – М.: "Машиностроение", 1971, С. 5 – 8,53 – 58.
6. Труфанов В.В. Рекомендации по применению чизельных орудий // В.В.Труфанов и др. – М.: Изд-во АгроНИИТЭИИТО, 1988, с. 26.
7. Труфанов В.В. Глубокое чизелевание почвы // В.В.Труфанов В.В.– М.: Агропромиздат, 1989. -137с.
8. Звіт про наково дослідну роботу. Розробка технології і технічних засобів для рослинництва в умовах зрошувального землеробства Півдня України . № держреєстрації 01070008955. – Мелітополь, 2009, с.40.
9. Пат. №14339 Росія, МПК⁷ А01В49/02. Орудие для послойной обработки почвы / А.Г. Рыков, В.И. Таранин О.В. Максименко (Россия). – №19890513; заявл.12.09.89; опубл. 28.01.90, Бюл. №1. –[Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/212/2161388.html>
10. Пат. 12127965 Росія, МПК⁷ А01В49. Орудие для глубокой обработ-

ки почвы / А.Ф.Бурбель, А.И.Серебряков, В.П.Савин, А.Н. Белан, И.Д. Ли-
сиенков, В.Д. Костин (Россия). – №20080308; заявл.18.05.08; опубл. 24.07.08,
Бюл. №7. –[Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.findpatent.ru /-
patent/214/2148897.html](http://www.findpatent.ru /-
patent/214/2148897.html)

11. Пат. 2127965 Росія, МПК⁷ А01В49/02. Почвообрабатывающее ору-
дие / Ф.А. Мамедов, Т.А. Агабеили, И.Г. Алышов, Ф.А. Салманов, Р.М. Ма-
медов (AZ). – № u19980205; заявл.18.09.98; опубл. 23.12.98, Бюл. №12. –
[Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.findpatent.ru/patent-
/212/2127965.html](http://www.findpatent.ru/patent-
/212/2127965.html)

12.Пат. 2329628 Україна, МПК⁷ А01В 13/16. Спосіб комбінованого без-
полічкового пошарового обробітку ґрунту та ґрунторозпушувач для його
здійснення / П.В. Сисолін, В.М. Сало. – №20021203; заявл.29.12.02; опубл.
17.03.03, Бюл. №3. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
[http://uapatents.com/4-54602-sposib-kombinovanogo-bezpolichkovogo-poshara-
vogo-obrobitku-gruntu-ta-gruntorozpushuvach-dlya-jjogo-zdijjsnennya.html](http://uapatents.com/4-54602-sposib-kombinovanogo-bezpolichkovogo-poshara-
vogo-obrobitku-gruntu-ta-gruntorozpushuvach-dlya-jjogo-zdijjsnennya.html)

13.Пат. 2283559 Україна, МПК⁷ А01В 13/08, А01В 13/16. Глибкороз-
пушувач для обробітку ґрунту / О.В. Білокопитов, Ю.М. Лабатюк. –
№20060803; заявл.28.12.06; опубл. 24.02.07, Бюл. №2. –[Электронный ре-
сурс]. – Режим доступа: [http://uapatents.com/patents/3-22390-glibkoro-zpushu-
vach-obrobitku-gruntu.html](http://uapatents.com/patents/3-22390-glibkoro-zpushu-
vach-obrobitku-gruntu.html)

14.Синеоков Г. Н. Теория и расчет почвообрабатывающих машин //
Г.Н.Синеоков. – М.: "Машиностроение", 1977, с. 62-63, 87-94.

15.Справочник конструктора сельскохозяйственных машин. Под. ред.
канд. техн. наук М.И. Клецкина. Т.2, М., изд-во «Машиностроение», 1967, 830 с.

16.Божко И.В. Расчет тягового сопротивления чизельного рабочего ор-
гана для послонной безотвальной обработки почвы / И.В. Божко // Научный
журнал КубГАУ, 2014. – №98(04). – С. 1 – 16.

17.Бабицкий Л.Ф. Исследование и обоснование формы рыхлительных
рабочих органов культиваторов для почв юга Украины // Л.Ф.Бабицкий, Ди-
сс. ... канд. техн. наук. – Мелитополь.- 1968.- 207 с.

18.Фере А.М. Пособие по эксплуатации машинно-тракторного парка / А.М.Фере – М., Колос, 1978. – 252 с.

19. Лавренко М. А., Чорна Т.С. Результаты досліджень визначення тягового опору знаряддя для пошарового обробітку ґрунту / М.А. Лавренко, Т.С. Чорна // Збірник наукових праць магістрів та студентів ТДАТУ . Випуск 15 т. 1. – 2015. – С. 95 – 101.

20.Луценков В.Л. Контроль тракторів, комбайнів и автомобилей по показателям безопасности /В.Л. Луценков. – К.: Урожай, 1995. – 289 с.

21.Бутко Д.А. Безпека технологічних процесів при ремонті і обслуговуванні обладнання АПК / Д.А. Бутко, В.Л. Луценков, М.Т. Воїнов, - Сімферополь: Бізнес Інформ, 1999 – 328 с.

22.«Кодекс цивільного захисту України» // Офіційний вісник України офіційне видання від 30.11.2012, № 89. – С. 9 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/5403-17>

23. НПАОП 01.0-1.01-12 Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві. – Київ, 2012. – 43с.

24.Рогач Ю.П. Пожежна безпека : навчальний посібник / Ю. П. Рогач. - Симферополь : Таврія Плюс, 2001. - 123с. : іл.

25.Економічний довідник аграрника / В.І. Дробот, Г.І. Зуб, М.П. Кононенко [та ін.]; за ред. Ю.Я. Лузапа, П.Я. Саблука. – К.: Преса України. – 2003. – 800 с.

26.Типові норми виробітку і витрачання палива на механізовані польові роботи / Держагропром УРСР, Центр. нормат.-досл. ст. з праці Держагропрому УРСР. – К.: Урожай, 1991. – 472 с. (Літ. Для каб. економіста).

27.Сосновська О.О. Техніко-економічне обґрунтування господарських рішень в рослинництві: навч. посібник / О.О. Сосновська, П.П. Ярошенко, М.В. Іванюта. – К.: Центр навчальної літератури. – 2006. – 384 с.

28. Середні ціни реалізації сільськогосподарської продукції у 2014 році [Електронний ресурс] / Держкомстат України. – Режим доступу: http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2014/sg/scr/scr_u/scr2014.htm

29.ДСТУ 4397:2005. Сільськогосподарська техніка. Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробування. – Зі скасуванням в Україні ГОСТ 23728-88, ГОСТ 23729-88, ГОСТ 23730-88.- [Чинний від 01.01.06.] – К.: Держспоживстандарт України, 2005. – 16 с.