

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерно-технологічний

Кафедра безпеки життєдіяльності

Пояснювальна записка

до *дипломної роботи* на здобуття

ступеня вищої освіти «магістр»

на тему: «Покращення агротехнологічних показників розпушування ґрунту
робочими органами»

Виконав: здобувач вищої освіти за
освітньо-професійною програмою
Технології і засоби механізації
сільськогосподарського виробництва
спеціальності 208 Агроінженерія
ступеня вищої освіти «*магістр*» групи 1
Бака Руслан Станіславович
Керівник: Шпилька М. М.
Рецензент: Шейченко В. О.

Полтава – 2021 року

ВСТУП

Обробка ґрунту є найбільш енергоємною операцією сучасного сільськогосподарського виробництва, тому особливу увагу вчені приділяють застосуванню вібраційних робочих органів ґрунтообробних машин.

Значний внесок у теорію і практику використання ефекту вібрації в технологічних процесах внесли: академік І.І. Артоболевский, академіки ВАСХНИЛ М.Н. Летошнев, Н.Д. Лучинський, В.А. Желіговський, П.М. Василенко, М.Є. Мацепура; доктори технічних наук Д.Д. Баркан, А.Н. Гудков, А.А. Дубровський, Н.А. Уфіркін, А.С. Кушнар'ов, Л.Ф. Бабицький.

Застосування вібраційних робочих органів на ґрунтообробних машинах дозволить значно зменшити тяговий опір і скоротити витрату палива. Так О.В. Верняєв розробив і випробував активну лапу для культивації на базі активної лапи культиватора, що здійснює кутові коливання в горизонтальній площині. Тяговий опір активної лапи в порівнянні з опором пасивної знизився на 30% [1].

Однак застосування активних робочих органів, що приводяться в рух валом відбору потужності трактора, здорожчує конструкцію. Значна частина енергії використовується для коливань робочих органів.

Створення віброуючих і віброударних сільськогосподарських ґрунтообробних знарядь, здатних працювати без примусового впливу, тобто за рахунок неоднорідної структури ґрунту, дозволить не тільки поліпшити якість обробки і агрегатний склад ґрунту, але і значно знизити витрату палива і тяговий опір. Поєднання вібрації і ударної дії такими робочими органами – це новий підхід в ґрунтообробці.

Актуальність теми. Серед комплексу заходів особлива увага приділяється активізації впливу робочих органів на ґрунт. Механічна обробка є найважливішою технологічною ланкою при вирощуванні сільськогосподарських культур, і чинить позитивний вплив на ґрунт.

Спрямованість та інтенсивність зміни фізичних властивостей ґрунтів, як одного з визначальних показників їх родючості, багато в чому залежить від типу, форми і конструктивних особливостей робочих органів машин і знарядь. Більшість що застосовуються на сьогоднішній день знарядь для глибокого розпушування не задовольняє агротехнічним і господарсько-економічним вимог.

При впливі на ґрунт пасивні робочі органи забиваються рослинними залишками, швидко зношуються, сильніше піддаються налипанню ґрунту. В результаті істотно збільшується тяговий опір і погіршується якість роботи. В останні роки широке поширення одержали вібраційні і імпульсні методи інтенсифікації технологічних процесів. Теоретичне обґрунтування та розробка віброударних розпушувальних робочих органів дозволить значно знизити енерговитрати і поліпшити якість обробки ґрунту.

Мета дослідження. Метою цієї роботи є обґрунтування оптимальних параметрів віброударних розпушувачів ґрунту для суцільного обробітку, глибокого розпушування та щільювання, що дозволяють поліпшити якісні показники роботи і знизити тяговий опір агрегату.

Об'єкт дослідження – технологічний процес обробки ґрунту.

Предмет дослідження – розробка та обґрунтування параметрів віброударних розпушувачів ґрунту.

Метод дослідження – аналіз процесу обробки ґрунту базується на теорії механіки суцільного середовища і методі планування і проведення багатофакторного експерименту.

Наукова новизна отриманих результатів. Розроблено віброударні розпушувачі для глибокої і поверхневої обробки ґрунту. Розроблено математичну модель представлення ґрунту у вигляді багатофазного середовища відносно віброударного впливу. Використовуючи принцип теорії контактної взаємодії, визначена сила удару, переміщення рухомих проміжних елементів, а також тривалість контакту їх зіткнення. На підставі фізико-

механічних і деформаційних властивостей ґрунту обґрунтовані і визначені оптимальні форми і режими роботи віброударних розпушувачів.

Практичне значення отриманих результатів. Розроблено конструкцію віброударних робочих органів для глибокого і поверхневого розпушування ґрунту. Експериментальними дослідженнями встановлено, що застосування віброударні робочих органів дозволяє значно знизити тяговий опір агрегату на 18%, збільшити здатність рихлення в 1,19 рази, а також поліпшити якісні показники роботи знаряддя: рівномірність обробки по глибині, зниження глибистості на 11,1%.

1. СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1. Сучасний стан і тенденції розвитку обробки ґрунту

На сьогоднішній день існує кілька видів і систем обробки ґрунту. Завдання полягає в тому, що потрібно застосовувати ту систему, яка буде відповідати агротехнічним вимогам стосовно кліматичних умов, типу ґрунтів, рельєфу місцевості. Обробка ґрунту без обороту пласта є найбільш прогресивною не тільки в нашій країні, а й за кордоном. Свого часу безплужну обробку визнали багато вчених [1]. І.Є. Овсинський дав більш ґрунтовне пояснення безплужного землеробства і назвав новою системою землеробства. У теоретичному обґрунтуванні своєї системи він стверджував, що будь-який ґрунт в природному стані має повітропроникність і водопроникність. Відвальна обробка веде до сильного подрібнення ґрунтових частинок і зміни структурного складу. В Україні внаслідок щорічної оранки втрачена значна частина гумусу. На сьогоднішній день гумус становить в родючому шарі 4-5% [2].

Багато вчених вважають, що оскільки після оранки диференціація орного шару протікає повільно, то не виникає необхідності проводити щорічно цю операцію, з метою отримання однорідного орного шару [5, 6]. Розорана земля позбавляється кореневої системи рослинного шару і піддається повітряній ерозії. За багато років таких обробок ґрунт втрачає сотні тонн дрібнозема [3, 4].

Застосування ґрунтозахисних технологій (обробка без обороту пласта) призводить до збільшення врожайності культур [5]. В середині століття весь світ заговорив про шкідливий вплив оранки. Т.С. Мальцев, [6] на відміну від І.Є. Овсинського, повністю заперечував глибоку обробку ґрунту, рекомендував проводити глибокий (до 0,4...0,5 м) обробіток плугами без відвалів з обтічними стійками і боронами з екстраторними лапами.

Безплужне землеробство значно спрощує ґрунтозахисні заходи. Така обробка ґрунту з мульчуванням стерні та інших пожнивних залишків ефективна, як на схилах, так і на рівнинних землях. Тому відпадає необхідність у застосуванні диференційованої системи ґрунтозахисної обробки в залежності від крутизни схилу, типу ерозії. Єдиним доповненням на схильних землях є щілювання.

Поєднання плоскорізної обробки зі щілюванням забезпечить надійність, високу агрономічну, ґрунтозахисну і економічну ефективність технологій. Створена природою родючість може назавжди зникнути, якщо не спрямувати зусилля для створення різних прийомів механічної обробки, поліпшення конструкцій і оптимізації параметрів робочих органів ґрунтообробних машин. Більш поширеними останнім часом є нульові і мінімальні обробки. Ця система передбачає будь-які методи, виключивши відвальну обробку. У багатьох країнах світу мінімальна обробка набула широкого застосування. Мінімізація обробітку ґрунту вже привела до значного підвищення продуктивності праці в сільському господарстві. Інтенсифікація землеробства пов'язана зі значним механічним впливом на ґрунт. Трактори, що використовуються при різних сільськогосподарських операціях, ущільнюють ґрунт на глибину до 0,5 м, що призводить до зниження врожаю на 25-30% [6].

Польові дослідження і практика показують, що мінімізація обробітку ґрунту успішніше здійснюється при безвідвальній розпушувальній, а на її поверхні накопичується захисний шар мульчі з рослинних залишків. Це не що інше, як моделювання природного дернового процесу ґрунтоутворення. Заміна відвальної обробки ґрунту безплужного дає економію енергії, металу, часу, що в умовах енергетичної кризи є важливим. Мінімізація обробітку ґрунту – важливий важіль підвищення продуктивності праці в землеробстві, зменшення витрат на вирощування сільськогосподарської продукції. У той же час безплужна обробка є ефективним засобом захисту ґрунтів від ерозії та інших несприятливих впливів, неодмінною умовою прискорення культурного ґрунтоутворювального процесу.

Передумовами до розробки безплужного землеробства слугувало використання ґрунтозахисних технологій вирощування сільськогосподарських культур, заснованих на обробці без обороту пласта, для поліпшення поживного режиму, агрофізичних властивостей ґрунту і захисту її від ерозії; використання захисної ролі рослинності і її поживних залишків для запобігання ґрунтів від руйнування; заповнення органічними речовинами ґрунту; посилення ґрунтозахисної ролі рослин і розширеного відтворення ґрунтової родючості внесенням органічних і мінеральних добрив; застосування парових безплужних обробок з одночасним внесенням гербіцидів; розробка заходів захисту рослин від хвороб і шкідників з урахуванням залишення на поверхні ґрунту мульчі з рослинних залишків; розробка системи машин і знарядь для обробки ґрунту без обороту пласта і т.д.

Таким чином, безплужне землеробство одержало значні переваги, на відміну від традиційних способів, заснованих на відвальній оранці, а саме:

- застосування ґрунтозахисних технологій дозволило встановити їх високу ґрунтозахисну ефективність;
- застосування плоскорізної обробки зі щільуванням є попереджувальним заходом в боротьбі з повітряною і водною ерозією;
- мобільність технологічних операцій, що виконуються плоскорізами, дозволяє своєчасно звільнити ґрунт від бур'янів;
- комбінування агрегатів дозволяє зменшити шкідливий вплив колісних ходів на ґрунт, витрати робочого часу, пального.

Прогресивна система землеробства сприяє збільшенню ґрунтової родючості, що в підсумку призводить до підвищення врожаю, зменшення енерговитрат, а це, на сьогоднішній день, має величезне значення.

1.2. Аналіз конструкції плоскорізів-щільувачів та їх робочих органів для обробки ґрунту

Плоскорізна обробка – це обробка ґрунту без обертання пласта плоскоріжучими робочими органами, що дозволяють зберігати на поверхні ґрунту стерню та поживні залишки для захисту її від вітрової ерозії.

Існує ряд знарядь призначених для плоскорізної обробки, а також для нарізки щілин у ґрунті. До них відносять: КПГ-2-150, КПГ-250, ПГ-3-100, ЩРП-3-70, ЩН-5-40, ЩН-2-140, ПЩ-3, ПЩ-5, ПЩН-2,5 та інші. Робочими органами цих знарядь є стрілчаста лапа (плоскоріз) і щілеріз. Плоскорізна обробка проводиться на глибину до 0,16 м, а нарізка щілин в ґрунті до 0,40...0,45 м. І той і інший вид обробки перешкоджає виникненню водної та повітряної ерозії. Плоскоріжучі робочі органи зберігають до 80% стерні в поле, а нарізані в ґрунті щілини створюють ємності всередині ґрунту, які поглинають опади.

Основною ознакою класифікації машин є тип і вид робочих органів, а також глибина обробки, що визначає міцність і, як наслідок, вагові показники машин і знарядь. Агротехнічні вимоги до плоскорізних знарядь визначаються особливостями ґрунтозахисної системи землеробства, її вимогами до технічних операцій.

1. Обробка ґрунту повинна вестися без обороту пласта зі збереженням поживних залишків.
2. Ефективне підрізання бур'янів, а також поліпшення ступеня кришення ґрунту.
3. Вміст ерозійно-небезпечних частинок ґрунту в шарі від 0 до 0,05 м після проходження знаряддя не повинен зростати більш ніж на 2-3%.
4. Володіти високими техніко-економічними та експлуатаційними показниками.
5. Мати гарну заглиблюючу здатність.
6. У процесі роботи зберігати задану глибину обробки.
7. Забезпечити мінімальні енергетичні витрати при проведенні робіт.

За основними агротехнічним і техніко-економічними показниками протиерозійні знаряддя не поступаються аналогічним зарубіжним зразкам [7].

Однак вимоги науково-технічного прогресу і великого сільськогосподарського виробництва ставлять нові завдання по створенню і подальшому вдосконаленню протиерозійної техніки. На полях, оброблених плоскоріжучими знаряддями, за багаторічними даними відділу землеробства Інституту зернового господарства потужність снігового покриву і запасу води в снігу в 2 рази вище в порівнянні з відвальною оранкою, а в ґрунті перед посівом запасів продуктивної вологи буває в 1,5 рази більше. На таких полях зернові менше страждають від посухи і дають більш високий урожай. Моргун Ф.Т., в своїх роботах, відзначав таку закономірність: чим більше проходить часу після застосування відвального плуга, тим вищі прибавки врожаю забезпечує безплужна обробка [8].

Боротьба з вітровою та водною ерозією ведеться як в нашій країні, так і в багатьох інших країнах. У зв'язку з цим фірми Flex-King (США) і Nobl (Канада) випускають трисекційні плоскорізи-розпушувачі, для обробки ґрунту на глибину загортання насіння з залишенням стерні на поверхні поля. Ширина таких знарядь становить, в залежності від монтованих на рамі плоскорізних лап, від 4,2 м до 15 м. Канадською фірмою Nobl випускається причіпний плоскоріз К-2 з однією стрілкою лапою, причому лемеші мають слабо виражену циліндричну форму. Ґрунтообробний агрегат Rototiller фірми Rau з шириною захвату 3 м забезпечений 4-ма плоскоріжучими робочими органами. Німецька фірма Lemken випускає культиватор Smaragd, робочі органи якого представляють набір з плоскоріжучих лап шириною захвату 0,35 м кожна, спарених сферичних дисків і трубчастого прикочуючого котка. Знаряддя також призначене для обробки ґрунту без обороту пласта. Фірмою Richardson випускаються 2-5 секційні шеренгові причіпні плоскорізи з шириною захвату від 3,5 до 7,5 м. Після проходження такого знаряддя на полі залишається до 50-80% стерні.

З конструктивної точки зору, інтерес представляють протиерозійні машини зарубіжних фірм Crause, John Deer, Cocschut, Mowson [8]. Найбільшого поширення для суцільного обробітку ґрунту з максимальним

збереженням стерні та інших пожнивних залишків після колосових і просапних попередників з одночасним щільювання отримали плоскорізи-щільювачі. Вони являють собою навісні знаряддя і складаються з рами з замком автозчеплення, двох опорних коліс з механізмом регулювання, робочих органів для безполицевого розпушування і щільювання ґрунту. Технічні характеристики щільювачів і плоскорізів-щільювачів наведені в таблиці 1.

У всіх перерахованих вище знаряддях, що випускаються вітчизняною промисловістю, робочим органом є щілеріз. Він складається зі стійки і долота, що має форму двогранного клина. Під впливом робочих органів ґрунт піддається різних деформацій: розтягування, стиснення, зсуву, а також виникає складний напружений стан.

Більшість фахівців вважає, що напружено-деформований стан ґрунту підпорядковується гіпотезі Кулона-Мора. Відповідно до цієї гіпотези руйнування ґрунту відбувається під дією дотичних напружень, гранична величина яких є функцією нормальних напружень, що діють по майданчику зсуву. Однак досліді не завжди підтверджують закономірності гіпотези Кулона-Мора.

Сухий ґрунт руйнується шляхом відколу по лінії випереджаючої тріщини, виникає перед лезом клина під впливом локального змінання ґрунту. Однак в більшості випадків при обробці ґрунту клиновидними робочими органами він руйнується переважно стисненням. Неодноразово робилися спроби знизити тяговий опір за рахунок інтенсифікації коливань робочого органу в ґрунті. На рис. 1.1 представлений вібраційний глибокорозпушувач, який працює виходячи з неоднорідного складу ґрунту.

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики щілювачів та плоскорізів-щілювачів

Показники	ЩН-2-140	ЩН-5-40	ЩП-3-70	ПЩ-5	ПЩН-2,5
Тип	Навісний	Навісний	Навісний	Навісний	Навісний
Ширина захвату, м	1,4	3,6	1,4	4,4	2,5
Агрегується з трактором	ДТ-75	К-700, К-701	Т-150, Т-150К, ДТ-75, МТЗ-82	К-701, К-700А	Т-150К, Т-150
Робоча швидкість, км/год.	5-10	5-15	3,3...10,3	7-10	6-9
Продуктивність за годину основного часу, га	1,2...1,53	3,73...3,83	1,2...2,9	3,08...4,4	1,5...1,7
Глибина обробки, м	0,30-0,40	0,40-0,45	0,20-0,60	плоскоріз – 0,08-0,14 щілювач – 0,25-0,35	плоскоріз – 0,08-0,16 щілювач – 0,30-0,45
Загальна маса, кг	715	1423	566	1410	1300

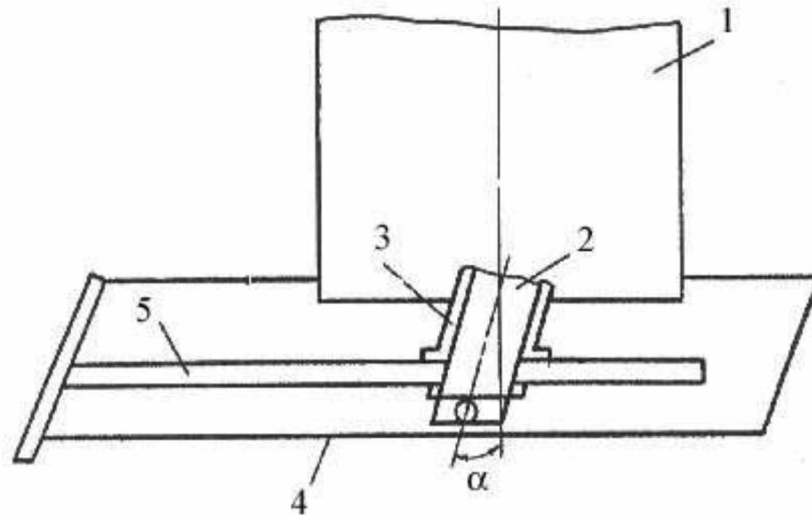


Рисунок 1.1 – Вібраційний глибокорозпушувач: 1 – верхня частина стійки; 2 – нижня частина стійки; 3 – шарнір; 4 – ріжуча кромка; 5 – лапа

Стійка лапи 5 виконана з верхньою 1 нерухомою і з'єднаною з нею за допомогою шарніра 3, розміщеного в поздовжньо вертикальній площині під гострим кутом до площини різальних кромek 4 лапи 5, нижніх 2 частин. Кут нахилу α шарніра 3 більше кута тертя в шарнірі 3. Через нахил останнього під кутом α лемеші коливаються в горизонтальній і вертикальній площинах, що підсилює кришення ґрунту.

Недоліком такої конструкції є підвищений тяговий опір знаряддя при обробці ґрунту, а також неефективність роботи на більш ущільнених ділянках.

На рис. 1.2 [11] представлено ґрунтообробне знаряддя, що містить встановлений на рамі 5 торсіонний вал 2 некруглого перетину, на якому змонтовані робочий орган 1, повзун 3 і гідроциліндри 4. Останні пов'язані з повзуном і з'єднані гідророзподільником 6, золотник якого кінематично пов'язаний з жорстко закріпленим на стійці робочим органом 1 важелем. При русі знаряддя сила тягового опору, що діє, на робочий орган викликає закручування торсіонного валу і відповідно відхилення носка робочого органу.

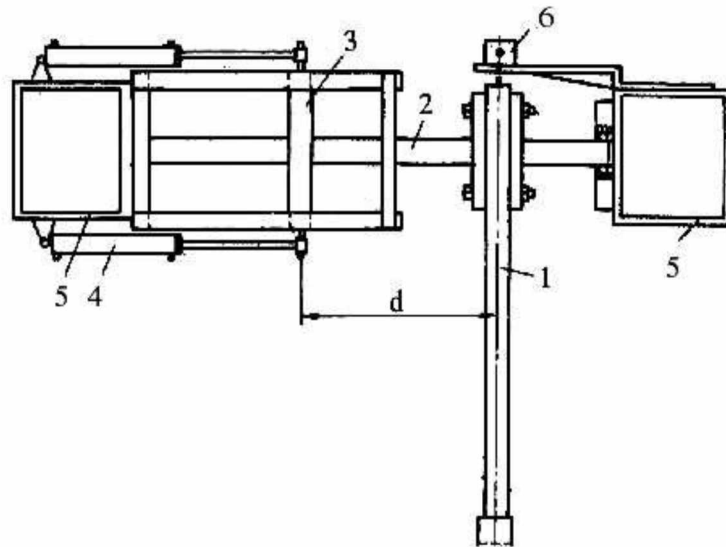


Рисунок 1.2 – Ґрунтообробне знаряддя: 1 – робочий орган; 2 – вал торсіонний; 3 – повзун; 4 – гідроциліндр; 5 – рама; 6 – гідро розподільник

Застосування вібрації для поліпшення якості обробки дуже різноманітне. Так, на рис. 1.3 представлений культиватор, робочі органи якого жорстко пов'язані між собою, з'єднані з віброприводом 7 і встановлені щодо рами на горизонтальних шарнірах 3 [11]. Ножі 4 і струни 5, 6 розташовані під кутом до напрямку руху. При роботі одночасно з переносним рухом знаряддя за допомогою вібропривід 7 спричиняються коливання і кутові переміщення робочих органів щодо горизонтальних шарнірів 3 в поздовжньо-вертикальній площині.

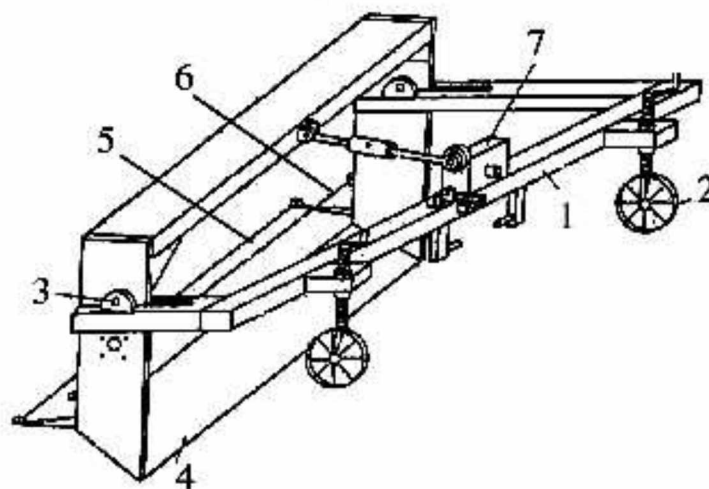


Рисунок 1.3 – Ґрунтообробне знаряддя: 1 – рама; 2 – опорна колесо; 3 – горизонтальний шарнір; 4 – ніж; 5,6 – струни; 7 – вібропривід

Застосування того ж принципу вібрації представлено на рис. 1.4 на прикладі розпушувача ґрунту [11]. Ґрунтообробне знаряддя містить раму 1 з ножами-щілерізами 3, з'єднаними гнучкими підрізаючими робочими органами. Робочі органи 4, 5 пружно приєднані до рами 1 і тягами 7, 8 з'єднані з віброприводом 9. При русі такого знаряддя пласт ґрунту розрізається і рихлиться в поздовжньо-вертикальній і горизонтальній площинах ножами-щілерізами і гнучкими робочими органами 4, 5. За рахунок пружного кріплення до рами 1 і дії віброприводів 9 робочі органи 4, 5 вібрують. Це розширює зону деформації ґрунту і підвищує ступінь його розпушування.

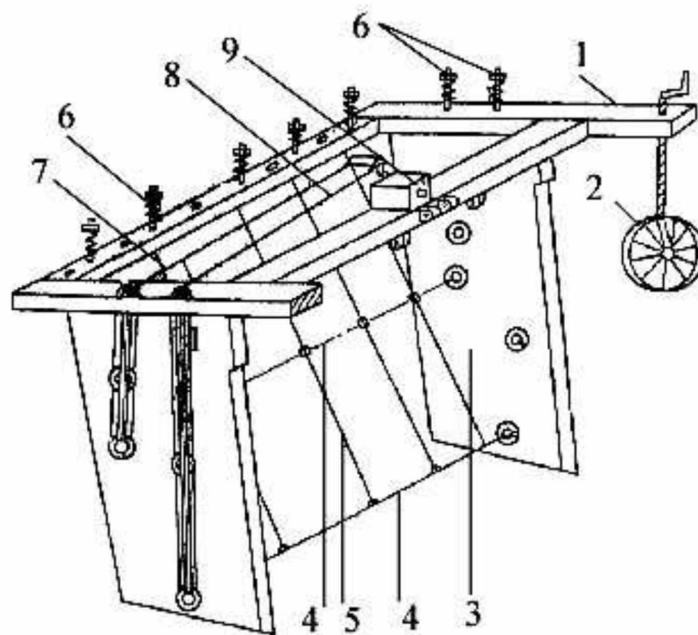


Рисунок 1.4 – Розпушувач ґрунту: 1 – рама; 2 – опорна колесо; 3 – ніж-щілеріз; 4, 5 – робочий орган; 6 – регулювальний болт; 7, 8 – тяга; 9 – вібропривід

Однак недоліком цих та інших знарядь є те, що робочі органи приводяться в дію за рахунок ВВП трактора і інших механізмів, що здорожчує конструкцію. Значна частина енергії використовується для коливань робочих органів.

Знаряддя з використанням принципу вібрації робочих органів знайшли в даний час широке застосування. Їх використання сприяє зниженню енергоємності процесу і підвищенню якості обробки.

Зарубіжними вченими досліджені вплив вібрацій на тяговий опір культиваторів і встановлено, що робота лап звичайних культиваторів супроводжується автоколиваннями, що виникають внаслідок зміни механічних властивостей ґрунту і сколювання пласта і, що амплітуда і частота автоколивань лап залежать від способу їх кріплення. Вчені прийшли до висновку, що найбільше зменшення тягового зусилля (на 40%) відбувається при пружинних стійках [11]. Аналізуючи конструкції вібраційних робочих органів, слід зазначити їх перевага перед пасивними, а саме, збільшення ступеня кришення ґрунту і зниження енергоємності. Однак є ряд недоліків. Робочі органи, що мають вібропривід, значно тягнуть за собою збільшення металоємності і подорожчання конструкції в цілому. Органи, що працюють в коливальному режимі, тільки за рахунок змінного опору ґрунту не можуть в достатній мірі забезпечити якісну обробку виходячи зі складного механічного складу ґрунту. Тому введення додатково ударного впливу дозволить робочому органу працювати в режимі, відповідному даному стану ґрунту.

1.3. Аналіз якості обробки віброударними розпушувачами ґрунту

Використання ґрунтообробних сільськогосподарських знарядь віброударної дії, на думку багатьох великих вчених, призводить до якісної обробки ґрунту при найменших витратах. На сьогоднішній день немає єдиної загальної теорії удару, що пояснює всі аспекти такого складного процесу.

Вчені, що працюють над проблемою вібраційних робочих органів ґрунтообробних знарядь, досягли певних результатів. Так було встановлено, що при вібрації значно зменшується питомий опір ґрунту. При встановлених оптимальних режимах на зв'язних ґрунтах спостерігалось зниження питомих витрат енергії.

Дослідження в цій області проводилися як в нашій країні, так і за кордоном. Отримані при теоретичних і практичних експериментах висновки, дозволяють стверджувати, що використання вібраційних знарядь надає позитивний ефект на якість обробки ґрунту і зменшує при цьому енергетичні витрати.

На такий процес значний вплив мають фізико-механічні та деформаційні властивості ґрунту. Сколювання блоку ґрунту відбувається більш інтенсивно, якщо вібрація поєднується з ударним впливом на ґрунт. Механізми, що працюють за принципом віброударної дії, дозволяють поліпшити якість обробки ґрунту з одночасним зниженням тягового опору.

Відомо, що якість обробки, найкращим чином, досягається при різних способах розпушування. З усього різноманіття механічного способу подрібнення ґрунтів слід виділити: стиснення, різання, розколювання, злам і удар. Найпоширеніший спосіб руйнування ґрунту – це різання. Він закладений при обробці багатьма сільськогосподарськими знаряддями.

Вченими встановлено, що при впливі на ґрунт різними способами, тобто комбінуючи ними в часі, збільшується інтенсивність кришення оброблюваного матеріалу. В знаряддях, де конструкцією закладені кілька способів, ступінь подрібнення ґрунту зростає в кілька разів.

Ступінь подрібнення – це один з основних критеріїв якості обробки ґрунту, що залежить від конструкції робочих органів і їх параметрів. Відомо, що на ґрунтах різної щільності спостерігаються різні врожаї сільськогосподарських культур, а щільність ґрунту прийнято вважати одним з важливих факторів родючості.

Робочий орган віброударної типу діє на ґрунт двома основними способами, а саме, стиснення і удар. В процесі обробки віброударним розпушувачем ступінь подрібнення залежить від стиснення ґрунтових грудок і удару робочого органу об ґрунт.

Для визначення сутності поняття якості розпушування, при якому розмір ґрунтових частинок повинен складати 10 мм вводиться коефіцієнт

різномірності структурних агрегатів. За експериментальними даними коефіцієнт різномірності становить $p = 9 \dots 16$, що забезпечує високу якість розпушування [12].

1.4. Мета і завдання дослідження

Застосування віброударних розпушувачів ґрунту веде до якісного розпушування та подрібнення ґрунту, збереження та накопичення в ньому вологи.

Метою цієї роботи є обґрунтування оптимальних параметрів віброударних розпушувачів ґрунту для поверхневої обробки, глибокого розпушування та щільування, що дозволить поліпшити якісні показники роботи з найменшими енерговитратами.

Відповідно до поставленої мети необхідно вирішити такі завдання.

1. Провести дослідження деформаційних характеристик ґрунту відносно віброударного впливу на нього.
2. Теоретично обґрунтувати процес взаємодії віброударного деформатора з ґрунтом.
3. На підставі фізико-механічних і деформаційних властивостей ґрунту визначити оптимальні параметри і форми віброударних розпушувачів ґрунту.
4. Визначити режими роботи і обґрунтувати основні конструктивні параметри віброударних механізмів і розпушувачів ґрунту.
5. Провести виробничі випробування експериментального ґрунтообробного агрегату і дати техніко-економічну оцінку його застосування.

2. МЕТОДИКА ЛАБОРАТОРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Методика визначення фізико-механічних властивостей ґрунту

Істотний вплив на якість розпушування і тяговий опір досліджуваних робочих органів надають такі фізико-механічні властивості ґрунту: вологість, деформаційний показник, об'ємна і питома маса, кути внутрішнього і зовнішнього тертя, середній розмір частинок, питома зчеплення частинок ґрунту.

Відомо, що частинки менше 0,01 мм називають «фізичної глиною», а частки більше 0,01 мм – «фізичним піском». Підвищення глинистих частинок в ґрунті призводить до більш енергоємної обробки.

На різних типах ґрунтів ґрунтообробні знаряддя працюють в різних енергетичних режимах. Для досліджень процесу роботи експериментальних робочих органів знарядь взяті зразки ґрунту з різним гранулометричним складом. Процентний вміст частинок різних розмірів по масі від загальної маси представлено таблицею 2.1.

Таблиця 2.1 – Гранулометричний склад досліджуваних ґрунтів

№	Вміст ґрунтових частинок, %						
	мм						
	0,01- 0,05	0,05- 0,10	0,10- 0,25	0,25- 0,50	0,50- 1,00	1,00- 1,50	1,50- 2,00
1	32,6	24,30	18,20	12,50	6,03	3,07	1,10
2	25,5	20,07	13,50	13,10	16,01	4,00	1,52
3	21,05	18,40	14,05	11,80	13,01	4,20	7,34

Для проведення досліджень нами прийнято шість зразків ґрунту і визначені їх фізико-механічні властивості за загальноприйнятими методиками [106].

Питома маса ґрунту являє собою відношення маси частинок скелета ґрунту до обсягу частинок скелета. Об'ємна маса перебувала з відношення

маси ґрунту до її об'єму. Вологість визначалася зіставлення маси вологого ґрунту m_e до маси сухої m_c виражене у відсотках ваговим методом:

$$W_n = \frac{m_e - m_c}{m_c} \times 100\% \quad (2.1)$$

Вологість, при якій ґрунт досягає максимальної щільності, називається критичною ваговою вологістю. Її значення для різних ґрунтів досягають певних меж і складають від 6 до 18% (таблиця 2.2).

Таблиця 2.2 – Фізико-механічні властивості ґрунту

№ зразка ґрунту	Критична вологість, %	Кут зовнішнього тертя, φ_1 , град.	Кут внутрішнього тертя, φ_2 , град.	Питоме зчеплення чатсинок, $C_{уд}$, кН/м ²	Питома маса, γ , т/м ³	Кількість ударів ДорНИИ	Об'ємна маса, m_v , т/м ³
1	6	29,25	39	0,28	1,85	1	1,71
2	8	28,50	38	0,42	1,90	3	1,70
3	10	27,00	36	0,70	1,89	5	1,73

За методикою, розробленою в Дніпропетровському аграрному університеті, і отриманими результатами в ході досліджень зразків ґрунтів побудовані графіки зсуву (рис. 2.1).

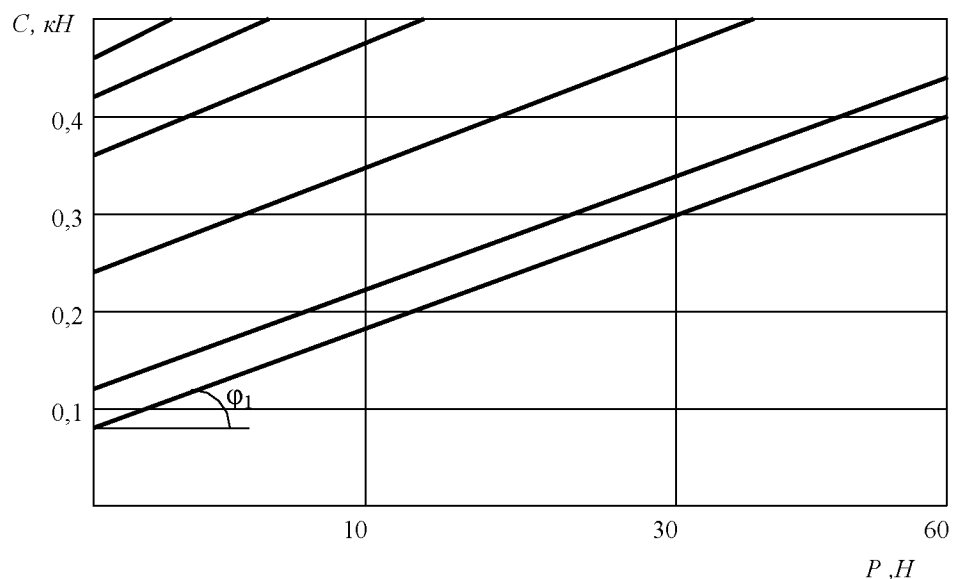


Рисунок 2.1 – Графік зсуву шести досліджуваних зразків ґрунту

$$C = C_{y\delta} \times F_{n.c}, \quad (2.2)$$

де C – сила зчеплення, кН;

$C_{y\delta}$ – питоме зчеплення ґрунту, кН/м²;

$F_{n.c}$ – площа поперечного перерізу приладу, м².

Кожен зразок ґрунту має своє питоме зчеплення, залежне від вагової вологості і від гранулометричного складу ґрунту.

Експериментальні дані по визначенню фізико-механічних властивостей ґрунту зведені в таблицю 2.2.

Деформаційний показник визначався шляхом занурення плунжера, що має сферичну поверхню, в ґрунт.

Твердість ґрунту вимірювалася твердоміром Ю.Ю. Ревякіна [24] в місцях взяття проб на вологість по верствам: 0-0,05; 0,05-0,1; 0,1-0,15; 0,15-0,2 м в п'ятикратної повторності. По діаграмах розраховувалася середня твердість ґрунту за формулою.

$$\bar{p} = \sum_{i=1}^n P_i / n, \quad (2.3)$$

де n - число повторювань.

В якості штампу використовувалися наконечники сферичної форми з радіусами 0,02 м і 0,038 м. Перед проведенням кожного досвіду при визначенні тягового опору ґрунту експериментальним робочим органом, визначався деформаційний показник за допомогою польового приладу на базі твердоміра Ю.Ю Ревякіна, а також вологість (ваговим методом) на досліджуваній глибині в п'ятикратної повторності.

2.2. Методика визначення якості розпушування ґрунту експериментальними віброударними органами

Стандартні методи по визначенню якості розпушування проводилися шляхом взяття проб ґрунту. Відмінною особливістю цієї методики є

сканування характерного ділянки і передача інформації на ПЕОМ для подальшої обробки отриманих даних.

Для оцінки кришення ґрунту введемо показник подрібнення – u . Ступінь подрібнення - це процес кришення структурних агрегатів ґрунту під дією робочих органів ґрунтообробних машин [24]. Якість обробки слід розглядати як функцію факторів включають фізико-механічні властивості ґрунту і режими роботи ґрунтообробного робочого органу.

Експерименти проводилися в грантовому каналі загальний вигляд, якого представлений на рис. 2.2. Лабораторна установка представляє собою: металевий ящик 1 з прозорою стінкою 10, візки 2, що рухається на роликах, досліджуваного експериментального віброударної робочого органу, що складається зі стійки 3 і долота 9 (для регулювання по глибині в стійці виконані отвори), регулювальних металевих пластин 4, при допомозі яких встановлювався зазор між стінкою і робочим органом, вимикачів 5 і 6, пов'язаних з ПЕОМ. Вимикачі грають роль датчиків, що дозволяють визначити швидкість. Рух візки здійснюється за допомогою електродвигуна 7 і троса 8.

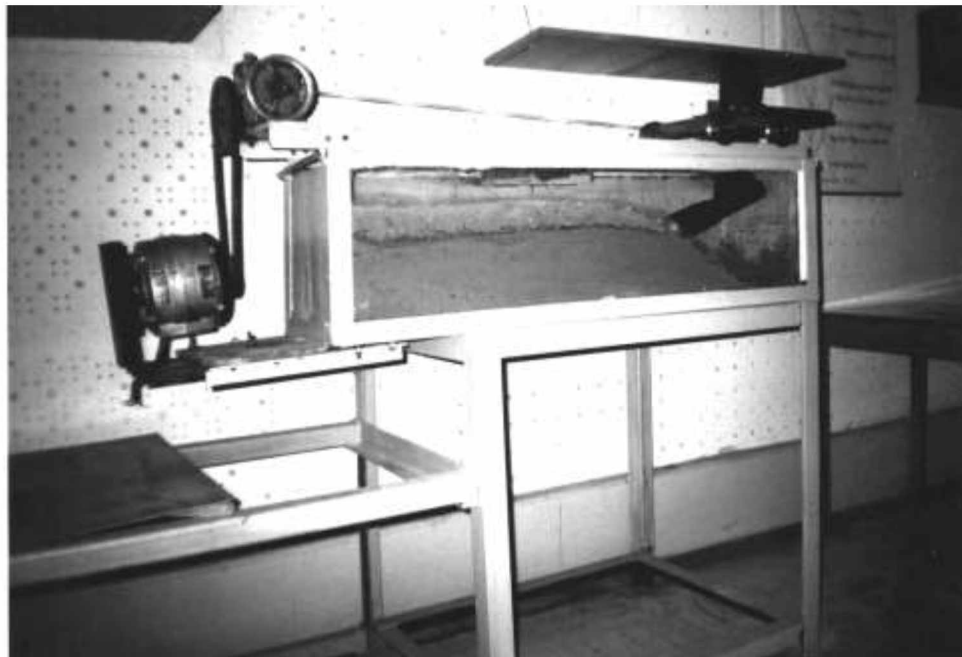


Рисунок 2.2 – Загальний вигляд лабораторної установки

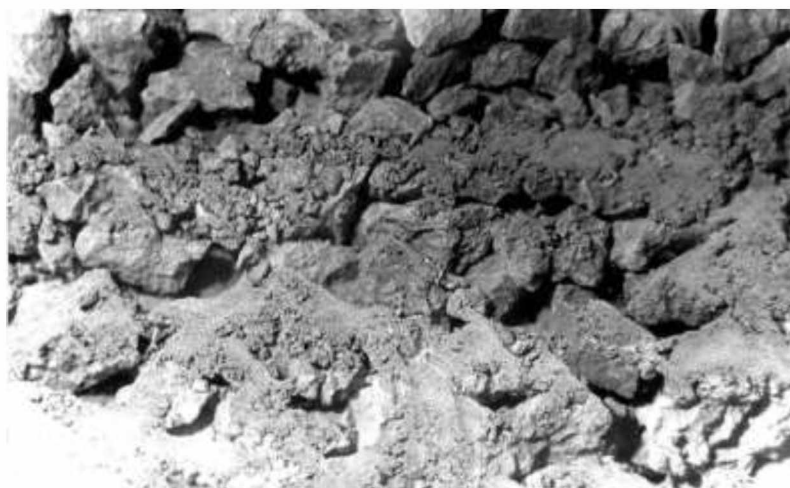
Для проведення експериментів в металевий ящик засипався просіяний ($d = 1,5$ мм) річковий пісок з додаванням цукру. Для створення ґрунтової структури близької до природної додавалися рослинні залишки в кількості 25-30 г на 1 дм^3 . Отримана суміш ретельно перемішувалася і доводилася до вологості 18-20%.

Для створення необхідної щільності ґрунт ущільнювали до значення $N = 6$ (кількість ударів щільноміра Дорн), що приблизно дорівнює щільності ґрунту, при якій знаряддя працює в природних умовах. Перед проведенням будь-якого дослідження ґрунт ретельно готувався до початкових умов.

Порядок проведення експерименту. Встановлюється зазор 5 мм між долотом 9 і прозорою стінкою 10. Чи включається привід 7 візки 2, і за допомогою вимикачів 5 і 6 фіксувалося значення швидкості руху (рис. 2.3).

Для обробки даних вибирався характерний ділянку, і вироблялося його фотографування.

За допомогою сканера відбиток переводився в ПЕОМ. При введенні зображення ПЕОМ створює матрицю і при запуску робочої програми аналізує і підраховує ступінь подрібнення і коефіцієнт різнозернистості μ_r . Експеримент проводився на глибинах ходу знаряддя $h_1 = 0,1$ м і $h_2 = 0,17$ м з десятикратним повторенням.



а) - ґрунтова структура після проходу віброударного розпушувача
($H = 0,17$ м, $\mu_r = 96$, $C_{уд} = 0,4 \text{ кН/м}^2$)



б) - ґрунтова структура після проходу віброударного розпушувача



($h = 0,17\text{м}$, $\mu_p = 68$, $C_{уд} = 0,8 \text{ кН/м}^2$)

в) - ґрунтова структура після проходу віброударной розпушувачем

($h = 0,17\text{м}$, $\mu_p = 36$, $C_{уд} = 1,2 \text{ кН/м}^2$)

Рисунок 2.4 – Зразки ґрунтової структури після обробки експериментальними робочими органами

На рис. 2.5 представлений експериментальний віброударний розпушувач.



Рисунок 2.5 – Експериментальний віброударний розпушувач ґрунту (вид зверху)



Рисунок 2.6 – Експериментальний віброударний розпушувач ґрунту (вид збоку)

В ході проведених експериментів ми отримали експериментальні залежності кришення від питомого зчеплення частинок ґрунту.

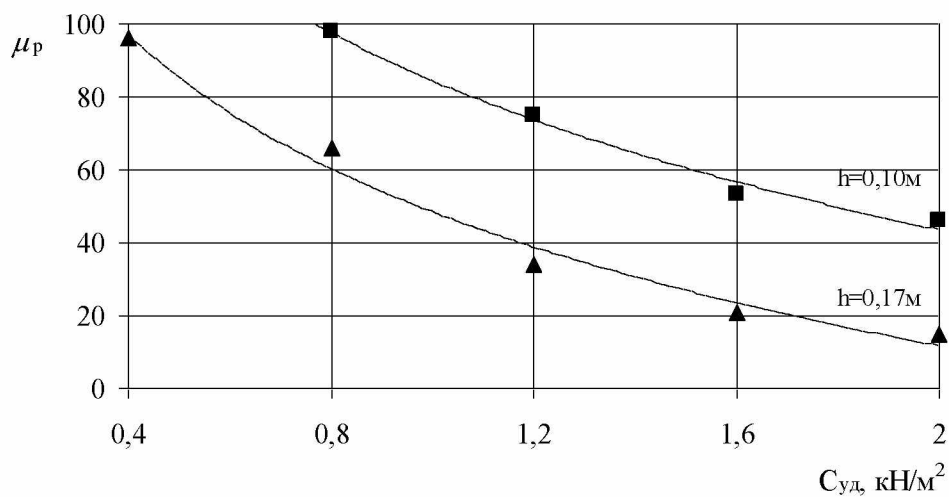


Рисунок 2.7 – Експериментальна залежність ступеня розпушування від питомого зчеплення частинок ґрунту і глибини обробки віброударним розпушувачем

Аналізуючи проведені лабораторні дослідження, приходимо до висновку, що зі збільшенням зв'язності часток ґрунту ступінь розпушування при обробці

експериментальним віброударним розпушувачем підвищується. Особливо процес розпушування ґрунту спостерігається на невеликих глибинах.

2.3. Методика визначення енергетичних показників розпушувачів ґрунту

В основу експерименту в лабораторних умовах лягли два досліджуваних робочих органу: культиваторна лапа з віброударним механізмом і віброударне долото для глибокого розпушування ґрунту.

Випробування проводилися за методикою планування багатofакторного експерименту. У таблиці 2.3 представлені, за результатами попередніх досліджень, межі варіювання глибини обробки (X_2).

Таблиця 2.3 – Рівні досліджуваного фактора та інтервали його варіювання

Інтервал варіювання та рівень фактора	Глибина обробки, м
Кодове позначення	x_2
Нульовий рівень, $X_i=0$	0,2
Інтервал варіювання:	
Верхній рівень, $X_i=+1$	0,3
Нижній рівень, $X_i=-1$	0,1

Метою експерименту було визначення впливу глибини обробки на тяговий опір експериментальних робочих органів.

Для порівняльного аналізу були проведені дослідження з промисловими і експериментальними робочими органами культиватора КПС-10 і ПЩН-2,5.

Послідовність виконання кожного дослідження складалася з наступних елементів: підготовки ґрунту, визначення фізико-механічних властивостей (вологості, твердості, питомого зчеплення частинок ґрунту і деформаційного показника), установки робочого органу на задану глибину, перевірки лабораторного обладнання (приладів), проведення контрольних замірів, безпосереднього виробництва самих дослідів з вивченням отриманих результатів.

Кількість дослідів визначалася, виходячи з теоретичних передумов закономірності процесу. Якщо характер його зміни висловлювався прямолінійною залежністю, то кількість дослідів приймалася від трьох до п'яти.

Кількість повторювань в досліді визначалося згідно з формулою [80,81]:

$$n \geq \frac{1.96^2}{\varepsilon^2} K_e^2, \quad (2.4)$$

де n - кількість повторностей;

K_e - очікуваний коефіцієнт варіації, %

ε - максимальна помилка, $\varepsilon = 5\%$.

Вибракування досвідчених даних проводилася після попереднього нанесення точок на графік. Брак вимірювань визначався за виразом:

$$\frac{X_{n+1} - \bar{X}}{\sigma} \geq t, \quad (2.5)$$

де X_{n+1} – сумнівний результат вимірювань;

\bar{X} – середнє значення вимірюваної величини, за винятком сумнівного результату;

σ – стандарт відхилень;

t – нормована величина відхилень (визначається з таблиць).

Викладений метод бракування застосовувався при неодноразових вимірах однієї і тієї ж величини. Для інших випадків бракування дослідів проводилася на підставі аналізу процесу і його фізичного сенсу.

Отримані результати вимірювань наносилися на графік. Головна увага зверталася на те, щоб всі графіки побудови відповідали фізичним змістом процесу.

Обробка дослідних даних проводилася за відомими формулами математичної статистики, що характеризує якісну мінливість, яка підпорядковується нормальному закону розподілу [23, 24].

Основним параметром була глибина обробки при проведенні експериментів, а параметром оптимізації - тяговий опір. Довірчий інтервал вимірювань визначався за формулою:

$$R = \sigma \alpha_{cm}, \quad (2.6)$$

де α_{cm} - коефіцієнт Стюдента.

Для малої вибірки ($n = 3$) і довірчої ймовірності 0,95, $\alpha_{cm} = 4,3$ [24].

Оцінка відтворюваності вимірювань з заданою довірчою ймовірністю проводилася за допомогою критерію Кохрена:

$$G_p = S_{U \max}^2 / \sum_1^n S_i^2, \quad (2.7)$$

де G_p – розрахунковий критерій Кохрена;

$S_{U \max}^2$ – найбільше значення дисперсії і числа паралельних дисперсій.

Якщо $G_p > G_m$, де G_m – табличне значення критерію Кохрена, прийняте в залежності від довірчої ймовірності, то вимірювання в експерименті слід вважати відтвореним і кількість повторностей достатнім.

ВИСНОВКИ

1. Визначено фізико-механічні властивості, деформаційний показник твердості ґрунту в лабораторних і польових умовах. В якості штампу використовувалися наконечники сферичної форми радіусами 0,02м і 0,038м.

2. Розроблено методику визначення режимів роботи віброударного механізму. Виготовлені датчики для визначення величини сили і тривалості удару, переміщення рухомих віброударних ланок в механізмі.

3. Застосовано нові технічні елементи для вдосконалення методики дослідження енергетичних і якісних показників експериментальних робочих органів.

4. Багатофакторні дослідження по визначенню тягового опору знарядь проведені з використанням методів математичного планування і подальшим моделюванням на ПЕОМ.

5. Для проведення експериментів виготовлена польова установка, спеціальне обладнання та експериментальні робочі органи. Методика проведення досліджень в польових умовах спрямована для подальшого вивчення віброударного впливу експериментальними робочими органами на ґрунт.

3. ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЦЕСУ ВПЛИВУ ТА ПАРАМЕТРІВ ВІБРАЦІЙНИХ РОЗПУШУВАЧІВ ҐРУНТУ

Багато десятиліть вчених і інженерів цікавили процеси, пов'язані з ударом і вібрацією. При ударі відбуваються процеси складного походження, що ускладнює досить повно описати математичними рівняннями, так як сили, що виникають за короткий час, породжують хвилі напружень, що виходять з області контакту.

Десятки вчених усього світу вивчають властивості матеріалу в пластичній стадії при ударі [13]. Галілеєм встановлено, що будь-який удар створює роботу. Ньютоном сформульовані закони руху і введений коефіцієнт відновлення удару. Д. Бернуллі і Пуассоном вивчені коливання в пружних тілах при поздовжньому ударі.

Герц запропонував теорію місцевих контактних деформацій, яка знайшла широку сферу застосування. У цьому аспекті доцільно використовувати явище удару при впливі робочих органів на ґрунт для зниження енергоємності та поліпшення якості її обробки.

3.1. Характеристики деформаційних властивостей ґрунту і вибір реологічної моделі

Для характеристики механічних властивостей ґрунту використовується велика кількість показників, таких як твердість, коефіцієнт об'ємного зминання, і інші, які входять у функції, апроксимуючі залежності питомого зусилля вдавнення плунжера від глибини його занурення [14].

Але ці показники характеризують механічні властивості ґрунту лише побічно, тому що вони залежать додатково від великого числа факторів. І чим їх більше виникає, тим менше обсяг інформації, яку вони несуть про середовище. Через відсутність теорії процесу взаємодії плунжерів з ґрунтом

не можна зробити аналіз фізичної сутності цих показників і різних коефіцієнтів, а також їх інформативної цінності для опису механічних властивостей середовища.

Існує ряд таких показників, як коефіцієнт зчеплення і коефіцієнт внутрішнього тертя, які визначаються за допомогою різних зсувних приладів і пристроїв.

Характерною особливістю діаграм для щільних ґрунтів є наявність максимуму, що дозволяє виділити два значення: максимальне і граничне. Кожне з них може бути використано при визначенні коефіцієнта зчеплення C і кута внутрішнього тертя. Встановлено, що залежність дотичних від нормальних напружень для пухких ґрунтів не є лінійної. Це також підтверджується дослідженнями Зеленіна А.Н. [14].

Відомо також, що на показники C і φ_0 на коефіцієнти, що використовуються замість них, істотно впливає конструкція приладу. Різниця в показниках C і φ_0 досягає 3,4...4,3 і 1,5 рази. Це говорить про те, що показники C і φ_0 є параметрами емпіричних залежностей, що характеризують процес взаємодії з ґрунтом приладу певної конструкції і, отже, лише побічно характеризують властивості ґрунту.

Таким чином, для оцінки механічних властивостей необхідно використовувати показники, що характеризують початкову стадію деформації під впливом робочого органу, тобто модуль деформації E і коефіцієнт Пуассона μ .

Існуючі методи визначення E і μ для ґрунту не враховують всіх особливостей значень процесу взаємодії робочих органів з ґрунтом. В існуючих публікаціях розглядається процес взаємодії з ґрунтом плоского круглого плунжера, так як він має всього один конструктивний параметр – діаметр.

Узагальнюючи вищесказане, можна відзначити, що стан ґрунту характеризується не тільки фізико-механічними, але і реологічними властивостями.

Всі ці показники достатньо описані в роботі [15], але цей перелік можна доповнити ще однією величиною – деформаційним показником.

Теоретичні методи визначення конструктивних параметрів і оптимальних форм робочих органів ґрунтообробних машин є однією з основних проблем в землеробської механіки.

Ґрунт являє собою багатофазну систему, в якій складові її речовини знаходяться в рідкому, газоподібному і твердому стані. Взаємодія цих фаз, а також фізико-механічні властивості визначають реакцію ґрунту на вплив деформаторів і його поведінка в процесі деформування.

Будову ґрунту прийнято вважати суцільною і експериментальними дослідженнями, проведеними за останній час, доведено наявність полів і деформацій всередині ґрунтового масиву під впливом деформаторів. Експерименти підтверджують прийнятність методів механіки суцільного середовища для математичного опису процесів деформації ґрунту.

Модель ґрунту представляється як пружно-в'язко-пластичне тіло. Три елементи, а саме ідеальне тіло Гука, Ньютона і Сен-Венана можна з'єднувати в різних поєднаннях. Отримане при цьому тіло описує різні прояви пружно-в'язко-пластичних властивостей. Подання у вигляді моделі набуло широкого поширення, завдяки наочності і простоті [16].

Ідеальне тіло Гука, проявляє пружні властивості, являє собою лінійно пов'язані деформації і напруги.

Рівняння стану такого тіла має вигляд [16]:

$$\sigma_H = E\varepsilon, \quad (3.1)$$

де σ_H – напруження;

E – модуль пружності;

ε – деформація, яка припадає на одиницю зразка.

Ідеальне тіло Ньютона, проявляє властивості рідини, являє собою залежність, де швидкість і напруги пов'язані лінійно [16]:

$$\sigma_N = \eta' \frac{d\varepsilon}{dt}, \quad (3.2)$$

де σ_N – напруження;

η' – коефіцієнт в'язкості.

Реологічна модель Сен-Венана, що проявляє пластичні властивості, представляється у вигляді вузького елемента і описується рівнянням:

$$\sigma_{SV} = \sigma_S, \quad (3.3)$$

де σ_S – межа текучості.

Реологічна модель представляється у вигляді фрикційного елемента. При жорстко пластичній деформації обсяг тіла приймається незмінним. Пластична деформація являє собою залишкову деформацію зсуву при напруженнях переважаючих межу пластичності.

Таким чином, оскільки ґрунт має тверді включення його можна вважати твердою фазою, властивості якої описуються тілом Гука. Наявна в ґрунті вода, в якій в підвішеному стані знаходяться частинки материнської породи, являють собою рідку фазу, властивості якої можна описати тілом Ньютона. Крім цього пори ґрунту заповнені повітрям і різними парами і є газоподібною фазою, властивості якої можна описати тілом Сен-Венана.

Більшість різних моделей, що представляють ґрунт, зазвичай зводять до моделі, що відбиває властивості зміни об'ємної маси в процесі деформації. Тому її слід представити у вигляді суцільно деформованого середовища.

Таким чином, ґрунт представляють у вигляді квазіоднофазного середовища, де співвідношення фаз в одиниці об'єму не змінюється або змінюється незначно. З найпростіших моделей пружно-в'язких тіл можна виділити тіло Кельвіна-Фойгта. Тут пружний і в'язкий елемент з'єднані паралельно.

При такому з'єднанні повні напруги складаються з напруг окремих тіл [9].

$$\sigma_K = \sigma_H + \sigma_N. \quad (3.4)$$

Підставивши значення (3.1) і (3.2) в вираз (2.4) отримаємо рівняння деформування.

$$\sigma_K = E\varepsilon + \eta' \frac{d\varepsilon}{dt}. \quad (3.5)$$

Проінтегрувавши вираз (3.5) і прийнявши, $\sigma = const$ отримаємо:

$$\varepsilon = C e^{-\frac{E}{\eta}t} + \frac{1}{E} \sigma. \quad (3.6)$$

Якщо пружний і в'язкий елементи з'єднати послідовно, то отримаємо реологічну модель тіла Максвелла, де швидкість деформації буде дорівнює сумі деформацій окремо взятих тел.

$$\varepsilon = \varepsilon_H + \varepsilon_N, \quad (3.7)$$

де ε_H – деформація пружного елемента;

ε_N – деформація в'язкого елемента.

Після диференціювання з урахуванням (3.1) і (3.5) отримаємо:

$$\sigma + T_R \frac{d\sigma}{dt} = \eta' \frac{d\varepsilon}{dt}, \quad (3.8)$$

де $T_R = \eta'/E$ – період релаксації.

Період релаксації – це зменшення напруги в часі від початкового значення до нуля. Оскільки ґрунт має пружно-в'язко-пластичні властивості, отже, модель буде представлена у вигляді складного тіла, що складається з окремо взятих елементів, з'єднаних як послідовно, так і паралельно.

Уявімо ґрунт у вигляді реологічної моделі Шведова-Кельвіна [17]. Вона складається з послідовно з'єднаних моделей Кельвіна-Фойгта і Шведова.

Така модель описує поведінку ґрунту до граничної міцності пружно-в'язко-пластичним тілом на відміну від моделей, де немає такого поєднання.

Оскільки, вона складається з двох частин, то проаналізуємо кожну частину окремо для простоти, а потім виведемо загальне рівняння моделі Шведова-Кельвіна.

Ліва частина моделі складається з двох ідеальних тіл Гука і Ньютона, причому тіло Гука пов'язане з тілом Ньютона паралельно і все це послідовно з'єднане з другим тілом Гука. Поєднання цих тіл є модель Хоненсера-Прагера [18].

Використовуючи формули (3.1) і (3.2) отримаємо:

$$\sigma_{H1} = E_1 \varepsilon_1, \quad (3.9)$$

$$\sigma_{H2} = E_2 \varepsilon_2, \quad (3.10)$$

$$\sigma_N = \eta' \frac{d\varepsilon_{N1}}{dt}, \quad (3.11)$$

де σ_{H1}, σ_{H2} – напруження відповідно першого і другого тіл Гука;

E_1, E_2 – модулі пружності відповідно першого і другого тіл;

η – коефіцієнт в'язкості.

Введемо деформаційний показник, що виражає собою площу, що припадає на одиницю критичного тиску [19].

$$\nu = \frac{2}{\pi E} (1 - \mu^2), \quad (3.12)$$

де μ - коефіцієнт бокового розширення.

Деформаційний показник – величина обернено пропорційна напрузі, отже, на підставі формули (3.12) запишемо:

$$\sigma = \frac{\pi E}{2(1 - \mu^2)}. \quad (3.13)$$

Рівняння системи матиме вигляд:

$$\sigma = \sigma_{H2} = (\sigma_{H1} + \sigma_{N1}). \quad (3.14)$$

Використовуючи формулу (3.7) для кожного елемента відповідно отримаємо:

$$\sigma = \frac{\pi E_1}{2(1-\mu^2)} + \eta' \frac{d\varepsilon_{N1}}{dt}. \quad (3.15)$$

Використовуючи формулу (2.10) для кожного елемента відповідно отримаємо:

$$\varepsilon = \varepsilon_{H2} + \varepsilon_{H1}; \quad (3.16)$$

$$\varepsilon_{N1} = \varepsilon_{H1}. \quad (3.17)$$

$$\sigma = \frac{\pi E_1}{2(1-\mu^2)} + \eta' \frac{d\varepsilon}{dt} - \frac{\eta'}{E_2} \frac{d\varepsilon_{H2}}{dt}. \quad (3.18)$$

Підставивши формули (2.10), (2.12) і (2.16) в вираз (2.18) отримаємо:

$$\sigma = \frac{1}{\nu} + \eta' \frac{d\varepsilon}{dt} - \frac{2\eta'(1-\mu^2)}{\pi} \frac{d\sigma}{dt}; \quad (3.19)$$

$$\sigma - \frac{1}{\nu} = \eta' \frac{d\varepsilon}{dt} - \frac{2\eta'(1-\mu^2)}{\pi} \frac{d\sigma}{dt}. \quad (3.20)$$

Множимо отриману рівність на $E_2 / (E_2 + E_1)$

$$\frac{\sigma E_2}{E_1 + E_2} - \frac{E_2}{\nu(E_1 + E_2)} = \eta' \frac{E_2}{E_1 + E_2} \frac{d\varepsilon}{dt} - \frac{2\eta'(1-\mu^2)E_2}{\pi(E_1 + E_2)} \frac{d\sigma}{dt}, \quad (3.21)$$

де T_R – період релаксації, рівний $\eta / (E_2 + E_1)$.

Отримаємо рівняння деформування у вигляді:

$$\frac{\sigma E_2}{E_1 + E_2} - \frac{E_2}{\nu(E_1 + E_2)} = T_R E_2 \frac{d\varepsilon}{dt} - 2T_R \frac{(1-\mu^2)E_2}{\pi} \frac{d\sigma}{dt}. \quad (3.22)$$

Множимо обидві частини рівняння на $1/E_2$

$$\frac{\sigma}{E_2(E_1 + E_2)} - \frac{1}{\nu E_2(E_1 + E_2)} = T_R \frac{1}{E_2} \frac{d\varepsilon}{dt} - T_R \nu \frac{d\sigma}{dt}. \quad (3.23)$$

При постійному навантаженні $\sigma = const$, рівняння набуде вигляду:

$$\frac{\sigma}{E_2(E_1 + E_2)} - \frac{1}{\nu E_2(E_1 + E_2)} = T_R \frac{1}{E_2} \frac{d\varepsilon}{dt}. \quad (3.24)$$

$$\frac{\sigma - \frac{1}{\nu}}{E_2(E_1 + E_2)} = T_R \frac{1}{E_2} \frac{d\varepsilon}{dt}. \quad (3.25)$$

Тоді остаточне рівняння деформування лівої частини буде мати вигляд:

$$\sigma = T_R(E_1 + E_2) \frac{d\varepsilon}{dt} + \frac{1}{\nu}. \quad (3.26)$$

Права частина моделі складається з паралельно з'єднаних тіл Максвелла і Сен-Венана. Отже, права частина моделі буде включатися в роботу тільки за межею міцності матеріалу, тобто при збільшенні значення напруги якої-небудь постійної для певного стану ґрунту - величини зсуву τ_S .

Рівняння стану матиме вигляд:

$$\sigma - \tau_S = \sigma_{H3} + \sigma_{N2}; \quad (3.27)$$

$$\varepsilon = \varepsilon_{H3} + \varepsilon_{N2}. \quad (3.28)$$

Продиференціювавши вираз (3.28) отримаємо:

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = \frac{d\varepsilon_{H3}}{dt} + \frac{d\varepsilon_{N2}}{dt}. \quad (3.29)$$

З огляду на формули (3.12), (3.13), а також, що модуль зсуву $G = \frac{E}{2(1 + \mu)}$

, запишемо:

$$\frac{d\varepsilon_{H3}}{dt} = \frac{1}{2G(1 + \mu)} \frac{d\frac{1}{\nu}}{dt}; \quad (3.30)$$

$$\frac{d\varepsilon_{N2}}{dt} = \frac{\sigma_{N2}}{\eta'} = \frac{\sigma - \tau_S}{\eta'}; \quad (3.31)$$

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = \frac{1}{2G(1 + \mu)} \frac{d\frac{1}{\nu}}{dt} + \frac{\sigma - \tau_S}{\eta'}; \quad (3.32)$$

$$\sigma = \eta' \frac{d\varepsilon}{dt} + \tau_S - \frac{\eta'}{2G(1 + \mu)} \frac{d\frac{1}{\nu}}{dt}. \quad (3.33)$$

Оскільки ліва і права частини моделі з'єднані послідовно, отже

$$\sigma_K = \sigma_M - SV. \quad (3.34)$$

Підставивши в цю рівність значення напруг (3.19) і (3.33) отримаємо:

$$\frac{1}{\nu} + \eta' \frac{d\varepsilon}{dt} - \frac{2\eta'(1-\mu^2)}{\pi} \frac{d\sigma}{dt} = \eta' \frac{d\varepsilon}{dt} + \tau_s - \frac{\eta'}{2G(1+\mu)} \frac{d1/\nu}{dt}. \quad (3.35)$$

Після перетворень маємо:

$$\frac{1}{\nu} - \frac{2\eta'(1-\mu^2)}{\pi} \frac{d\sigma}{dt} = \tau_s - \frac{\eta'}{2G(1+\mu)} \frac{d1/\nu}{dt}. \quad (3.36)$$

Таким чином, можна припустити, що при швидкому навантаженні елемент N_2 zdeформується на величину $\varepsilon_2 = \frac{1}{\nu} / E_2$, а деформація елемента H_1 , відбудеться поступово, так як ньютонівський елемент, підключений паралельно буде грати роль демпфера. При подальшому навантаженні деформується і елемент H_1 на величину $\varepsilon_1 = \frac{1}{\nu} / E_1$. Таким чином, загальна деформація моделі матиме вигляд:

$$\varepsilon = \varepsilon_2 + \varepsilon_1 = \left(\frac{1}{E_2} + \frac{1}{E_1} \right) \frac{1}{\nu}. \quad (3.37)$$

Знімаючи навантаження, зникає пружна деформація елемента H_2 , тобто E_2 , а деформація елемента H_1 буде зменшуватися, але зменшуватися поступово за рахунок в'язкого елемента N_1 .

Дана модель володіє як пружною післядією – запізнювання утворення деформації при дії на зразок постійного навантаження, так і властивістю релаксації, тобто з плином часу навантаження буде зменшуватися.

При навантаженні на величину $\varepsilon = \varepsilon_1$ та утриманні стану моделі на якийсь час, то навантаженим буде елемент H_2 , тобто $E_2\varepsilon_2$, а елемент H_1 через наявність в'язкого ньютонівського елемента N_1 буде деформуватися поступово.

Як тільки елемент H_1 трохи деформується, навантаження елемента H_2 буде зменшуватися, а, отже, і зусилля, що виникають в моделі, зменшаться. На певному етапі зусилля H_1 і H_2 будуть навантаженими зусиллям σ . Якщо моделі надати вихідну довжину $\varepsilon_1 = 0$, то елемент H_1 буде деформуватися в одну сторону, а H_2 в іншу, то потім з плином часу зусилля буде зменшуватися, і модель буде розвантажуватися. Як зазначалося вище, що зменшення навантаження з плином часу називається релаксацією, а інтенсивність - швидкістю релаксації:

Таким чином, поведінка ґрунту під впливом робочого органу в початковий період при короткочасній тривалості впливу можна уявити як в'язко-пружне, поки напруги не досягнуть структурної міцності, а потім пружно-в'язко-пластичне. Така реологічна модель вдало описує процес деформації ґрунту багатьма контактними органами ґрунтообробних машин.

3.2. Теоретичні передумови до обґрунтування параметрів віброударних розпушувачів ґрунту

У сучасному уявленні ґрантова модель володіє пружно-в'язко-пластичними властивостями. Існує безліч ґрунтових моделей, з яких найбільшого поширення набула модель ґрунту у вигляді суцільного середовища.

В цьому випадку можна розглянути напруги і деформації при напружено-деформованому стані всього тіла. Багато дослідників, такі як В.П. Горячкін [19], Г.А. Деграф [20], Ю.Ф. Новіков [21], А.С. Кушнар'ов [45, 64] та інші вважають, що ґрунт слід розглядати як складне фізичне тіло.

Горячкін В.П. свого часу показав, що ґрунт пручається оранці внаслідок тертя пружності і інерції. Цей принцип розчленування сил, що виникають при взаємодії важеля, органу і оброблюваної середовища, на три канали по яким може бути витрачена енергія, названий Горячкіним В.П. раціональним і поширюється, по суті, на всі технічні процеси.

Дія вимушених коливань на руйнування сільськогосподарських матеріалів в даний час досліджено понад усе на прикладі ґрунтів. Ідея використання вібрацій як засобу інтенсифікації впливу на ґрунт і ґрунти виникла на початку нинішнього століття при спостереженні за процесом укладання бетону.

Помічений позитивний ефект при передачі бетону поштовхів шляхом остукування опалубки привів згодом до створення вібраційного методу укладання бетону. Віброметод привів до думки про використання вимушених коливань і для зниження тягових опорів ґрунтообробних знарядь.

Одне з перших досліджень впливу вібрацій на роботу ґрунтообробних знарядь було виконано Криловим М.М. в 1937 році. Він проводив дослід з кротовим плугом типу ДП ВНДІТ.

Таким чином, дослідями Крилова М.М з усією очевидністю була доведена доцільність використання вібрацій для зменшення тягових опорів ґрунтообробних знарядь. В експериментальних роботах таких вчених як Д.Д. Цицишвили і М.З. Симонова було також встановлено, що питомий опір ґрунту при вібрації значно зменшувалася.

Зниження питомих витрат енергії при оптимальних вібраційних режимах на оранці зв'язкових ґрунтів становило близько 10%, на оранці сипучих ґрунтів воно було менше, а в ряді випадків спостерігалось навіть підвищення питомих витрат енергії в порівнянні зі звичайною оранкою.

Із зарубіжних робіт слід відзначити дослідження співробітників коледжу Каліфорнійського університету Ганна і Трамонтіні, виконані з вібраційним ґрунтопоглиблювачем. У теоретичній частині цих досліджень розглядаються поздовжні коливання призматичних тіл, тобто прямолінійні вимушені коливання, що збігаються з напрямком поступального руху.

На підставі теоретичних і експериментальних досліджень, автори також приходять до висновку про доцільність використання вібрацій. Досвід застосування пневматичних вібраторів показує, що останні дозволяють

отримати коливання високої частоти зі значними збуджуючими зусиллями. Ці вібратори можуть передавати на робочий орган зусилля у вигляді поштовхів.

Однак конструкція такого механізму має ряд недоліків, які обмежують його застосування в вібраційних ґрунтообробних та інших сільськогосподарських знаряддях. Стисливість повітря, використовуваного для приводу в рух щодо важкого інерційного бойка, ускладнює отримання високих частот при знижених і середніх тисках повітря (до 7 атм.), Що застосовуються в промисловості.

Таким чином, ці конструкції застосовні на таких інструментах як кротово-дренажний плуг і інших тихохідних ґрунтообробних знаряддях.

До недоліків можна віднести необхідність в спеціальних джерелах стисненого повітря, а також зниження ефекту вібрації при збільшенні поступальної швидкості руху. Тому найбільш доцільним підходом до процесу вібрації можуть послужити не вимушені коливання, а автоколивання [20].

У Харківському сільськогосподарському інституті Н.Г. Дубровіна було встановлено, що в інтервалі вологості 18-23% вібрація не дає ефекту, але вище або нижче цього інтервалу тяговий опір тих, хто вагається лап менше, ніж у звичайних. Отже, при вібрації створюються більш стабільні умови роботи при різній вологості, так як зі збільшенням вологості ґрунту опір вібруючою лапи знижується за лінійним законом.

Однак, з огляду на неоднорідне середовище ґрунту, при проходженні такого знаряддя може статися виглиблення робочого органу. З огляду на цей факт, нами запропонована конструкція, що поєднує в собі елемент вібрації і ударну дію на ґрунт [21].

Такий механізм дозволить в процесі обробки ґрунту значно знизити тяговий опір, порушити процес автоколивань там, де це необхідно, тобто в більш ущільнених шарах. Такий робочий орган дозволяє адаптуватися стосовно ґрунтової структури.

Для зниження енергоємності обробітку ґрунту необхідно створювати такі деформації, яким вона чинить найменший опір. Дослідженнями багатьох

вчених підтверджено, що найбільший опір ґрунт надає при деформації стиснення і, що вона практично має межу міцності на стиск в кілька разів більше, ніж на розтяг і вигин.

Отже, кришення ґрунту бажано проводити за рахунок створення деформацій розтягу та зсуву. Всі ці процеси пов'язані з енергоємністю операцій, що проводяться в ґрунті і для зниження опору бажано використовувати явище удару.

Йдеться про удар, який пов'язаний з порівняно короткочасними впливами. Сили, що виникають при зіткненні, наростають і падають в дуже короткий проміжок часу і породжують хвилі напружень, які виходять з області контакту.

Виникаючі при цьому деформації здатні привести до руйнування ґрунтової структури там, де це необхідно, внаслідок неоднорідності ґрунту і руйнування внутрішніх зв'язків ґрунтів під дією цих зусиль при порівняно невеликих витратах енергії.

Цьому сприяє ще й те, що в ґрунтах є пори, порожнечі і тріщини, що утворюють в пласті так звані перетину малих зв'язків, по лініях яких і руйнується ґрунтовий пласт [22].

Процес якісного розпушування ґрунту можуть здійснювати пристрої, що поєднують пружні і ударні властивості, що отримали назву «віброударний механізм». Цей термін вперше був введений С.А. Цаплін, з ім'ям якого нерозривно пов'язана розробка цих механізмів.

За формулюванням Я.Г. Пановко [23] до класу віброударні машин слід відносити такі машини, в яких періодично накопичується тим чи іншим способом енергія, перетворюється в енергію періодично діючих імпульсів, що безпосередньо впливають на робочий орган.

Спостерігається картина руйнування аналогічна картині одержаної при руйнуванні ударним навантаженням [24]. Під впливом клина в ґрунті створюється напружений стан, яке викликає змінання з подальшим

виникненням і розвитком тріщин, і, нарешті, відрив від масиву деякого об'єму ґрунту по площині ковзання.

Механізм, який працює у віброударному режимі, сколює ґрунт невеликими обсягами. Удар, що протікає за дуже короткий час, створює зусилля, що перевищує в десятки разів силу, необхідну для відколу ґрунту. Для ефективної роботи механізм повинен мати здатність адаптуватися до різних ділянок оброблюваної середовища.

Таблиця 3.1 – Чисельні значення параметрів побудови логарифмічної спіралі

Параметри	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
θ_i , рад	0	0,35	0,70	1,05	1,40	1,75	2,09	2,44	2,79	3,14
R_i , мм	4,87	6,44	8,53	11,2	14,93	19,75	25,92	34,3	45,38	60,04
R , мм	500									

ВИСНОВКИ

1. Деформаційний показник, введений в рівняння ґрунтової моделі, характеризує процес деформації віброударними робочими органами ґрунтообробних знарядь.

2. Запропоновано віброударний робочий орган циліндричної форми для поверхневої обробки та глибокого розпушування. Сторони бічної поверхні різально-розпушувальної частини виконані по відрізку логарифмічної спіралі. Усередині полого циліндра, розміщені рухливі ланки, що складаються з пружних пружин, сферичних елементів двосторонньої дії і розтискних пружин.

3. Використовуючи деформаційний показник в теорії контакту Герца, визначена сила удару, переміщення рухомих проміжних ланок і тривалість контакту їх зіткнення в віброударному механізмі.

4. Для ефективною і стійкою роботи плоскоріза-щілювача розроблена методика проектування зубчастого дискового ножа з вирізами по відрізку

логарифмічної спіралі, що дозволяє забезпечити повний схід ґрунту, збільшити здатність кришення, причому диски слід встановлювати з розворотом на 180° по відношенню одного до іншого [24].

4. РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ РОЗРОБОК

4.1. Екологічна експертиза

Екологічна експертиза в Україні - вид науково-практичної діяльності спеціально уповноважених державних органів, еколого-експертних формувань та об'єднань громадян, що ґрунтується на міжгалузевому екологічному дослідженні, аналізі та оцінці передпроектних, проектних та інших матеріалів чи об'єктів, реалізація і дія яких може негативно впливати або впливає на стан навколишнього природного середовища та здоров'я людей, і спрямована на підготовку висновків про відповідність запланованої чи здійснюваної діяльності нормам і вимогам законодавства про охорону навколишнього природного середовища, раціональне використання й відтворення природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки [26].

Метою екологічної експертизи є запобігання негативному впливу антропогенної діяльності на стан навколишнього природного середовища та здоров'я людей, а також оцінка ступеня екологічної безпеки господарської діяльності та екологічної ситуації на окремих територіях і об'єктах.

Об'єкти, суб'єкти, види екологічної експертизи висвітлені у законі України «Про екологічну експертизу» (9.02.1995р.) [26].

Екологічна експертиза може бути державна, громадська та інша.

Державна екологічна експертиза проводиться експертними підрозділами чи спеціально створюваними комісіями спеціально уповноваженого центрального органу виконавчої влади з питань екології та природних ресурсів та його органів на місцях на основі принципів законності, наукової обґрунтованості, комплексності, незалежності, гласності та довгострокового прогнозування.

Для участі в проведенні державної екологічної експертизи можуть залучатися відповідні органи державного управління України,

представники науково-дослідних, проектно-конструкторських, інших установ та організацій, вищих навчальних закладів, громадськості, експерти міжнародних організацій.

Висновок державної екологічної експертизи після затвердження спеціально уповноваженим центральним органом виконавчої влади з питань екології та природних ресурсів є обов'язковим для виконання.

Позитивний висновок державної екологічної експертизи є підставою для відкриття фінансування всіх програм і проектів.

Реалізація програм, проектів і рішень без позитивного висновку державної екологічної експертизи забороняється.

Громадська екологічна експертиза здійснюється незалежними групами спеціалістів з ініціативи громадських об'єднань, а також місцевих органів влади за рахунок їх власних коштів або на громадських засадах.

Громадська екологічна експертиза проводиться незалежно від державної екологічної експертизи.

Висновки громадської екологічної експертизи можуть враховуватися органами, які здійснюють державну екологічну експертизу, а також органами, що заінтересовані у реалізації проектних рішень або експлуатують відповідний об'єкт. Інші екологічні експертизи можуть здійснюватися за ініціативою заінтересованих юридичних і фізичних осіб на договірній основі із спеціалізованими еколого-експертними органами і формуваннями.

Завданням екологічної експертизи є:

а) визначення екологічної безпеки господарювання та іншої діяльності, яка може нині або в майбутньому прямо або посередньо негативно вплинути на стан навколишнього середовища;

б) встановлення відповідності передпроектних, передпланових, проектних та інших рішень вимогам законодавства про охорону навколишнього середовища;

в) оцінка повноти й обґрунтованості передбачуваних заходів щодо охорони навколишнього природного середовища та здоров'я населення, яка здійснюється Міністерством охорони навколишнього природного середовища разом із Міністерством охорони здоров'я України.

Об'єктом даної екологічної експертизи є досліджувана технологія відновлення нерухомих підшипникових з'єднань полімерними матеріалами.

При ремонті і відновленні деталей основними факторами, що впливають на оточуюче середовище є:

- металевий пил, що утворюється при обробці деталей на токарних, шліфувальних, хонінгувальних верстатах;
- різноманітні хімічні речовини та їх розчини, що використовуються при відновленні деталей шляхом нанесення покриттів;
- шум та вібрація при роботі металообробних верстатів та ін.

Дана технологія порівняно із традиційним способом дозволяє

1) зменшити потрапляння в навколишнє середовище металевих частинок, які утворюються при відновленні іншими способами та скорочує тривалість технологічного процесу;

2) збільшити міжремонтний ресурс відновлених деталей, що сприяє зменшенню забруднення навколишнього середовища при їх відновленні

4.2. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

4.2.1. Актуальність проблеми безпеки людини у виробничому середовищі та при надзвичайних ситуаціях

Охорона праці в нашій країні охоплює заходи по подальшому полегшенні умов праці на основі механізації важких і шкідливих виробничих процесів, широкому впровадженню сучасних засобів охорони праці, усуненню причин, що породжують травматизм і професійні захворювання робітників. Вона тісно пов'язана з умовами праці.

Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях в умовах сільського виробництва – важливе завдання, вирішення якого забезпечить нормальні умови праці працівниками сільського господарства. Це заходи по подальшому поліпшенню і оздоровленню умов праці, широкому впровадженню сучасних засобів безпеки, усуненню причин, що породжують травматизм, створенню на виробництві необхідних гігієнічних і санітарно-побутових умов.

Кожна людина і, безперечно, людина з вищою освітою повинна усвідомлювати важливість питань уникнення ризиків у житті та праці.

Україна в освітньому плані приєдналася до Європейської програми навчання з ризиків FORM-OSE [27]. Безпека життя та праці сьогодні формується як меганаука, без якої людство приречене на значні втрати.

Умови праці – це складне об’єктивне суспільне явище, що формується в процесі трудової діяльності під впливом взаємопов’язаних факторів соціально-економічного характеру, які впливають на здоров’я, працездатність людини, на її відношення до праці та ступінь задоволення від неї, на ефективність праці та інші економічні результати виробництва. Вони характеризуються оціночними показниками мікроклімату, наявністю в робочій зоні шкідливих та небезпечних виробничих факторів, психофізичним та естетичними елементами діяльності працівників господарства.

Охорона життя та здоров’я громадян у процесі їх трудової діяльності, створення безпечних та нешкідливих умов праці є одним з найважливіших державних завдань. Успішне вирішення цього завдання значною мірою залежить від належної підготовки фахівців усіх освітньо-кваліфікаційних рівнів з питань охорони праці.

З часу виникнення людської цивілізації кожна людина дбала про власну безпеку та безпеку своїх близьких так само, як і людству доводилось дбати про безпеку свого існування. Людська цивілізація досягає все більшої могутності, а проблема безпеки її існування стає все більш гострою. Актуальність проблеми охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях в світі значно зросла на

початку третього тисячоліття. Сьогодні ця проблема стала пріоритетною для світової цивілізації.

4.2.2. Вимоги безпеки при обробітку ґрунту

При використанні машинно-тракторних агрегатів в сільському господарстві можуть виникати небезпечні випадки із-за технічного стану. При денному технічному обслуговуванні в першу чергу перевіряють справність механізму керування, надійність кріплення деталей ходової частини. Необхідно перевірити захисні улаштування небезпечних зон. Карданні передачі повинні бути захищені захисними кожухами. Для очистки робочих органів (сошників, сівалок і т. д.) агрегат необхідно забезпечити спеціальними пристроями. Кабіна трактора повинна бути повністю укомплектована інструментом, аптечкою і не мати ніяких пошкоджень.

Сівалки і посадочні машини, які допускаються до експлуатації повинні мати: справні сидіння, площадку або підніжку і поручні. Перила з боку спини сіяльника повинні бути не менше їм в висоту, захисні огороження у зубчатих і цепних передачах. В тракторах призначених для перевезення пестицидів, всі з'єднання магістралі повинні мати ущільнені прокладки.

При використанні машинно-тракторних агрегатів в сільському господарстві можуть виникати небезпечні випадки із-за технічного стану. При щозмінному технічному обслуговуванні в першу чергу перевіряють справність механізму керування, надійність кріплення деталей ходової частини. Необхідно перевірити захисні улаштування небезпечних зон. Карданні передачі повинні бути захищені захисними кожухами. Для очистки робочих органів (сошників, сівалок і ін.) агрегат необхідно забезпечити спеціальними пристроями. Кабіна трактора повинна бути повністю укомплектована інструментом, аптечкою і не мати ніяких пошкоджень.

В тракторах призначених для перевезення пестицидів, всі з'єднання магістралі повинні мати ущільнені прокладки.

Захисні улаштування дякуючи простоті і надійності знаходять досить широке застосування в сільськогосподарських машинах і обладнаннях. Захисні улаштування створюють між робітником і небезпечним фактором і надійно забезпечує робітника незалежно від правильності або неправильних його дій.

Захисний кожух призначений для захисту тракториста від обертового карданного валу. Він складається з двох частин: зовнішнього кожуха і внутрішнього. Кожух телескопічний, внутрішня частина його розташована на двох шарикових підшипниках. Технічне обслуговування валу проводиться при непрацюючому двигуні.

4.2.3. Аналіз формування травмонебезпечних ситуацій

Всяке порушення аналітичної цілості організму або його функцій внаслідок дії на людину, дії будь-якого небезпечного фактора визначається як травма.

Аналіз небезпечних умов, які існують чи виникають безпосередньо на виробництві показав, що їх можна поділити на групи, які:

- характеризують стан або рівень безпеки виробничого обладнання або певного робочого місця, конструктивні недоліки конкретної складальної одиниці чи машини;

- спонукають працюючого допускати помилки у процесі роботи, низька кваліфікація працюючого та рівень знань з охорони праці;

- створюють можливість проникнення працюючого у небезпечну зону в наслідок відсутності відповідного контролю за дотриманням правил з охорони праці, та інші.

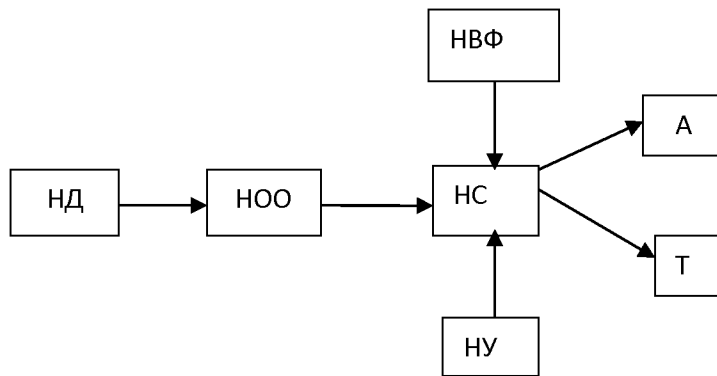
Якщо внаслідок аварії технічної системи виникли травми у людей, то сам випадок травми необхідно розглянути як подію, що є наслідком аварії. Це стосується тих систем, у яких підсистемами одночасно є машина і людина. Якщо при функціонуванні таких систем з ладу вийшла машина, раптово

припинивши свої функції внаслідок руйнування окремих деталей або самої машини, і це

привело до значного матеріального збитку, то таке випадкове явище необхідно назвати аварією.

Усі явища, що формують небезпечну ситуацію, мають повну достовірність виникнення, а це означає, що небезпечні умови (НУ), небезпечні дії (НД), небезпечні ситуації (НС) і наслідки таких ситуацій: аварія (А), травма (Т) і сприятлива подія належить до випадкових явищ [28].

Оскільки при функціонуванні людино-машинних систем такі явища як травми, аварії мають дуже близькі механізми формування та виникнення, у подальшому ці явища будуть описуватись паралельно (рис.4.1).



НВФ – небезпечний виробничий фактор; НУ – небезпечні умови; НД – небезпечні дії; НО – небезпечні обставини; НС – небезпечна ситуація; А – аварія; Т – травма

Рисунок 4.1 – Блок-схема формування та виникнення травмонебезпечних аварійних ситуацій

4.2.4. Аналіз формування умов виникнення і розвитку аварій

Ступенева логіко-імітаційна модель виникнення нещасного випадку наведена на рис. 4.2.

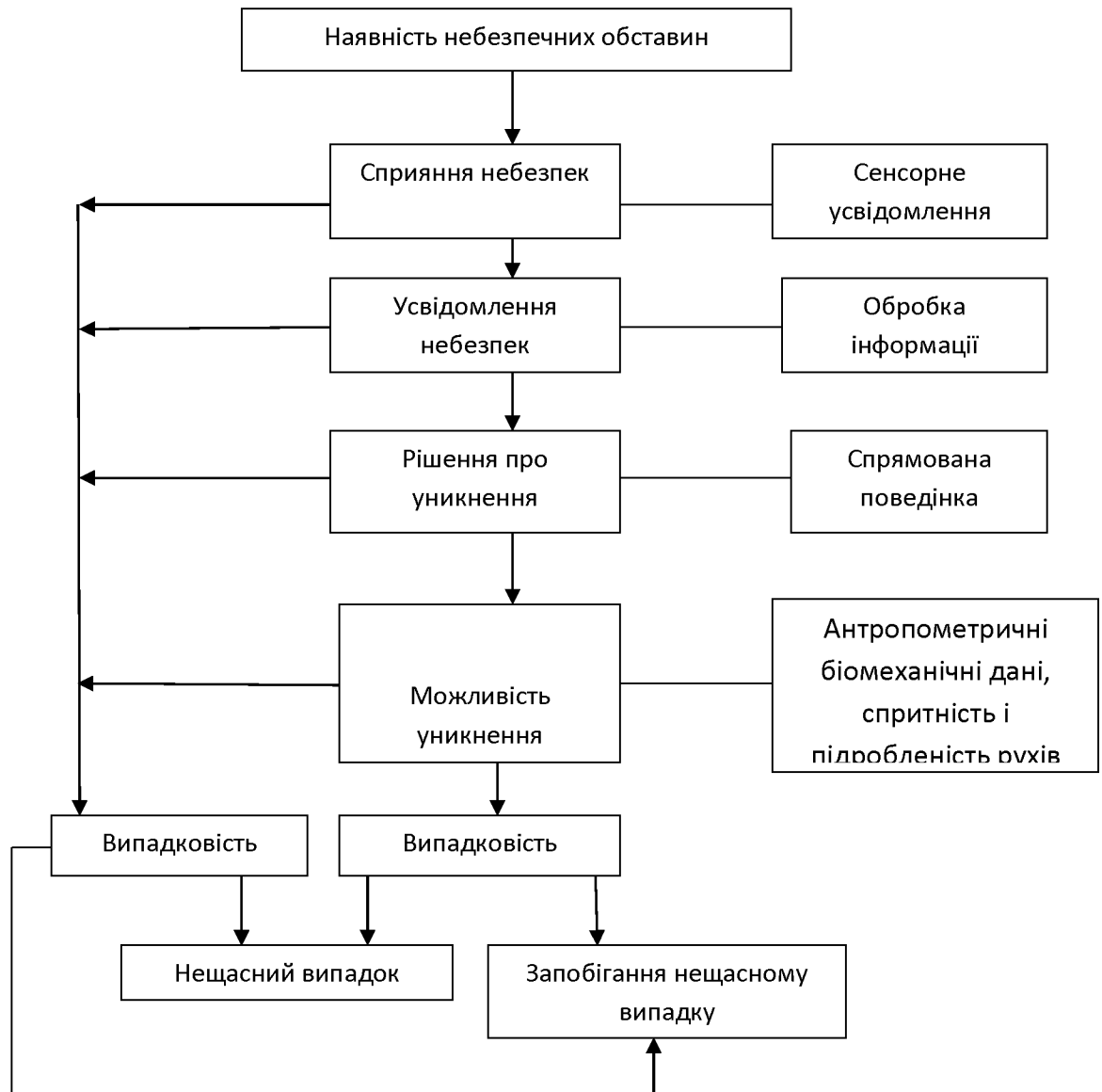


Рисунок 4.2 – Ступенева логіко-імітаційна модель виникнення нещасного випадку

Схема поетапного аналізу умов виникнення і розвитку аварій наведена в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Схема поетапного аналізу умов виникнення і розвитку аварій

Найменування стадії розвитку аварійної ситуації (аварії)	Основні принципи аналізу умов виникнення (переходу на іншу стадію) аварійної ситуації (аварії та її наслідків)	Способи і засоби попередження, локалізації аварії
--	--	---

Виникнення пожежі	Оцінка й аналіз: можливих масштабів пожежі (площа, кількість горючих продуктів, склад продуктів згорання, в т. ч. неповного); наявності й ефективності засобів гасіння пожежі; вміння персоналу діяти при ліквідації осередку займання; оперативності й оснащення ДПЧ; наявності і характеристик джерел запалювання	Виключення джерел запалювання; оснащення ефективними засобами гасіння пожежі, засобами сигналізації і зв'язку; дії персоналу і спецпідрозділів щодо рятування людей, гасіння пожежі
Травмування людей	Аналіз кількісних енергетичних характеристик пожежі (енергія випромінювання) та вибуху; наявність і кількість людей в зоні можливого ураження	Раціональне планування промислового майданчика. Розміщення поза межами зони можливого впливу пожежі будівель адміністративного, побутового призначення
Знос, утомленість матеріалу апарата	Перевірка вивченості корозійних властивостей застосовуваних речовин; наявність даних щодо швидкості корозії і зносу; відповідність матеріалу устаткування (трубопроводів), захисного покриття, ущільнювальних матеріалів. Наявність умов для механічного ушкодження устаткування	Застосування обладнання підвищеної надійності, ефективного захисного покриття і захисних пристроїв
Вихід параметрів за критичні значення	Перевірка вивченості властивостей застосовуваних речовин; їх аналіз; виявлення особливо небезпечних речовин; виявлення параметрів, які визначають небезпечність технологічних процесів і їх критичні значення; оцінка достатності оснащення засобами, які виключають вихід параметрів за припустимі межі, їх ефективність, надійність	Дооснащення технологічних процесів засобами контролю, управління й протиаварійного захисту, підвищення їх надійності й ефективності; удосконалення технологічних процесів
Підвищена вібрація	Перевірка надійності й вірності кріплення апаратів, машин, трубопроводів, співвідношення з'єднань обертових пристроїв	Своєчасне проведення планово-запобіжних ремонтів

4.2.5. Висновки щодо підвищення стану охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуацій

У розділі охорони праці представлений аналіз загальних питань охорони праці, розглянуто основні шкідливі фактори, що виникають в під час

технологічного процесу та їх вплив на організм людини, запропоновано заходи для забезпечення нормальних умов праці:

- 1) для забезпечення безпеки обладнання запропоновані захисні і огорожувальні пристрої; для виключення ураження електричним струмом необхідно застосування заземлюючих пристроїв;
- 2) для захисту від небезпечних хімічних речовин – використання спеціального захисного одягу;
- 3) для зменшення запиленості – використання вентиляції, для зменшення шуму і вібрацій – звукоізолюючі засоби;
- 4) проведення навчання щодо дій при виникненні надзвичайних ситуацій.

4.3. Техніко-економічне обґрунтування результатів досліджень

Для визначення економічної ефективності експериментальних віброударних розпушувальних робочих органів, що встановлюються на плоскоріз-щілювач ПЩН-2,5 в якості базового знаряддя, а також в якості порівнюваного знаряддя був використаний ПЩН-2,5 з серійними робочими органами-щілерізами.

Розрахунок показників економічної ефективності експериментальних робочих органів був виконаний з використанням методики, розробленої ВИСХОМ [29].

Економічна ефективність експериментальних віброударних розпушувачів досягається за рахунок зниження тягового опору з одночасним поліпшенням якості розпушування ґрунту.

На підставі методики [29] галузева собівартість розроблювального знаряддя визначиться з виразу:

$$C_0 = mg(P \cdot H \cdot K_m + M) + D, \quad (4.1)$$

де m - маса знаряддя, $m = 1300$ кг;

Π - коефіцієнт конструктивної складності в порівнянні з серійними розпушувальними органами, $\Pi = 1,0$;

H - витрати на виробництво 1 кг чистої маси однотипної продукції, $H = 1,35$ грн / кг [29].

K_m - коефіцієнт зміни витрат на виробництво, $K_m = 1,39$;

M - вартість 1 кг чистого матеріалу, що входить в знаряддя,

$M = 0,84$ грн/кг;

D - вартість витрат, пов'язаних з транспортними витратами,

$D = 36$ грн.

$$З = 1300 \cdot (1,0 \cdot 1,35 \cdot 1,39 + 0,84) + 36 = 3567,5 \text{ грн.}$$

Нижня межа ціни розраховується за формулою:

$$Ц_{н.н.} = C_o + \Pi_n, \quad (4.2)$$

де Π_n - нормативний прибуток, грн.

$$\Pi_n = P_c C_o / 100, \quad (4.3)$$

де P_c - галузева нормативна рентабельність, $P_c = 7\%$.

$$\Pi_n = 7 \cdot 3567,5 / 100 = 249,73 \text{ грн.}$$

$$\text{Тоді, } Ц_{н.н.} = 3567,5 + 249,73 = 3817,23 \text{ грн.}$$

Лімітна ціна (галузева) визначиться з виразу:

$$Ц_{л.} = 1,05 \cdot 3817,23 = 4008,09 \text{ грн.}$$

Таким чином, галузева ціна машини склала 4008,09 грн. Визначення виробничих витрат і капітальних вкладень проведено за усередненими даними господарств.

Річний економічний ефект був отриманий в результаті застосування віброударного пристрою (долота) за рахунок зниження прямих виробничих витрат.

$$E_z = (\Pi_{прб} - \Pi_{прэ}) \cdot W_z,$$

де $P_{прб}$, $P_{прэ}$ - прямі експлуатаційні витрати в базисному і нових варіантах, грн;

W_2 - річний виробіток агрегату, га.

$$E_2 = 1595 \text{ грн. на } 100 \text{ га.}$$

Таким чином, використання нових віброударних розпушувачів з обґрунтованими параметрами і оптимальними режимами впливу на ґрунт дозволяє отримати річний економічний ефект 1595 грн. на 100 га обробки.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Проведені теоретичні та експериментальні дослідження дозволяють зробити наступні висновки і пропозиції:

1. Застосування серійних робочих органів для глибокого розпушування тягне за собою підвищену енергоємність процесу, недостатню якість підготовки ґрунту стосовно конкретної зоні землеробства.

2. При розгляді процесу деформації ґрунт може бути представленим у вигляді реологічної моделі з пружно-в'язко-пластичними властивостями в певному поєднанні, що дозволяє пояснити перебіг цього процесу при різних умовах навантаження.

3. Для зниження тягового опору і поліпшення здатності рихлення запропонований віброударний робочий орган для глибокого розпушування, відмінними особливостями якого є:

- поверхня робочого органу має циліндричну форму;
- сторони бічної поверхні різально-розпушувальної частини виконані по відрізьку логарифмічної спіралі;
- всередині порожнього циліндра розміщені рухливі ланки, що складаються з пружних тіл (пружин), сферичних елементів двосторонньої дії і розтискних пружин ударних ланок, що в сукупності утворює віброударний механізм.

Таку ж конструкцію і принцип дії має віброударний механізм, встановлений в місці кріплення культиваторної лапи.

4. На підставі теоретичних і експериментальних досліджень обґрунтовано основні конструктивні параметри роботи віброударних розпушувачів ґрунту: форма і площа робочої поверхні деформатора, складова $8,30 \cdot 10^4 \text{ м}^2$; кількість проміжних ланок, $n = 4$; деформація пружин, $x = 6,38 \cdot 10^{-3} - 8,09 \cdot 10^{-3} \text{ м}$; жорсткість, $C = 2,31 \cdot 10^4 - 4,40 \cdot 10^4 \text{ Н/м}$ і кількість робочих витків пружин, $i = 4-8$.

5. Польові випробування підтвердили теоретичні передумови і показали, що при обробці ґрунту на глибину до 0,25 м віброударним долотом, здатність рихлення збільшується в 1,09 і в 1,18 рази в порівнянні з вібраційним і плоским долотом відповідно. Використання віброударного механізму у місці кріплення культиваторної лапи дозволяє збільшити здатність рихлення в 1,19 рази в порівнянні з серійно випускаємими підвісками на глибині 0,15 м.

6. Запропоновані конструкції віброударних розпушувачів мають перевагу, перед серійно випускаємими робочими органами, з енергетичних і якісних показників без додаткових витрат при обробці ґрунту, що дозволяє отримати річний економічний ефект 1595грн. на 100 га обробки.