

Центральноукраїнський національний технічний університет
Агротехнічний факультет
Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”
зав. кафедрою СГМ
к.т.н., доцент
_____Сергій ЛЕЩЕНКО
“ ____ ” _____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за другим (магістерським) рівнем вищої освіти
на тему:

"Удосконалення чизельного ґрунторозпушувача з обґрунтуванням
параметрів котків"

Виконав здобувач вищої освіти __ІІ__ курсу,
групи ГМ-22М-1.2
ОНП «Галузеве машинобудування»
спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
_____ Качур Віталій Валентинович
« ____ » _____ 2024 р.

Керівник проекту
доцент, канд.техн.наук
_____Дмитро ПЕТРЕНКО
« ____ » _____ 2024 р.
Рецензент Володимир ДУДІН

[illegible]

Зміст

Номер розділу	Структурна одиниця і розділ	Сторінка
1	ВСТУП	
2	ІНЖЕНЕРНА ЧАСТИНА	
3	НАУКОВА ЧАСТИНА	
4	ОХОРОНА ПРАЦІ	
5	ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	
6	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	
-	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	
-	ДОДАТКИ	

1. ВСТУП

В сучасних умовах господарювання в аграрному секторі все більшого значення набирають ресурсозберігаючі технології вирощування культур, забезпечення максимального використання біологічного потенціалу культур, в тому числі за рахунок створення оптимальних умов їх районування. Процеси агровиробництва нерозривно пов'язані з раціональним застосуванням технологічних прийомів підготовки ґрунту, посіву, догляду за посівами, збирання тощо. Ефективне виробництво напряду залежить від технічного забезпечення засобами механізації та їх техніко-економічного рівня.

Серед технологічних операцій вирощування сільськогосподарських культур одне з чільних місць займає основний обробіток ґрунту, призначений для створення відповідних умов після збирання попередника – усунення стерньової маси, вирівнювання ґрунтового профілю, знищення бур'янів, створення відповідних водного і повітряного режимів та ін.

На сьогоднішній день фермерами застосовуються як традиційні способи обробітку з застосуванням плугів, так і все більш набираючі популярність способи глибокого розпушення ґрунту без перевертання скиби. Популярність останніх пов'язана з можливістю застосування в ерозійно небезпечних умовах, меншим питомим опором ґрунтообробного знаряддя при однаковій глибині обробітку, можливості роботи в критичних умовах, зокрема в засушливих умовах. Дослідники [1, 4, 6] також відзначають ще один важливий ефект глибокорозпушувачів – руйнування «підорної підосви», яка зменшує дебет ґрунтового шару і не дозволяє повноцінно накопичити запаси вологи, а в подальшому і використати ґрунтові запаси в критичні періоди розвитку. Саме тому темою роботи обрано удосконалення чизельного агрегата, що дозволить підвищити ефективність його використання при виконанні основного обробітку ґрунту.

					ЧЗ 00.000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Пояснювальна записка			
Розроб.	Качур							
Перев.	Петренко							
Н.контр.	Мачок							
Затвер.	Лещенко				ЦНТУ, гр. ГМ-22М-2			
					Літ.	Аркуш	Аркушів	

2. ІНЖЕНЕРНА ЧАСТИНА

2.1. Обґрунтування напрямку досліджень

Як зазначалося, все більш інтенсивний обробіток ґрунту поряд з технологічною необхідністю для вирощування культур, призводить і до негативних наслідків, зокрема погіршення деяких фізико-технологічних властивостей ґрунту. Серед найбільш проблемних виділяють переущільнення ґрунтового шару, що викликає збільшення об'ємної маси, зниження пористості, яка в свою чергу призводить до погіршення процесів аерації, як наслідок ускладняється можливість проникнення води і повітря в ґрунтове середовище [1, 4, 5, 6]. При цьому також спостерігається і збільшення питомого опору ґрунту при його обробітці, відповідно спостерігаємо і погіршення умов підготовки ґрунту до посіву, що призводить до зменшення врожайності культур. Крім того, для агрегування ґрунтообробного агрегату вже необхідно збільшувати потужність енергетичного засобу, що знову ж таки призводить до ще більшого ущільнення.

Ще одним негативним явищем, пов'язаним, в першу чергу, з щорічним застосуванням плугів, є явище формування так званої «підорної підшви» – переущільнений шар ґрунту в підорному горизонті, який неможливо зруйнувати традиційними методами [4, 5, 6].

Дослідники [2, 4] умовно виділяють три шари ущільнення від дії орного агрегату (рис. 2.1):

- верхній, який формується в шарі орного горизонту;
- плужна підшва 1, що спостерігається у шарі нижче орного горизонту;
- ущільнений підорний горизонт 2, сформований нижче плужної підшви.

Вирішити питання з підорною підшвою допомагає застосування на глибокому обробітку ґрунторозпушувачів, зокрема чизельних, які дозволяють її зруйнувати (рис. 2.2). Дослідження, проведені за результатами застосування чизельних знарядь, доводять, що при цьому спостерігається поліпшення водно-

					ЧЗ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

повітряного режиму ґрунтового середовища – волога і повітря здатні проникнути в глибокі горизонти і там накопичитись [4, 24]. У відповідні періоди розвитку або при посушливих умовах коренева система польових рослин здатна проникати глибше та підтягнути ґрунтову вологу з нижніх шарів. Крім того, здатність води проникнути до нижніх шарів ґрунту зменшує ймовірність замулення посівів, а також зменшує ерозійні процеси внаслідок змивання.

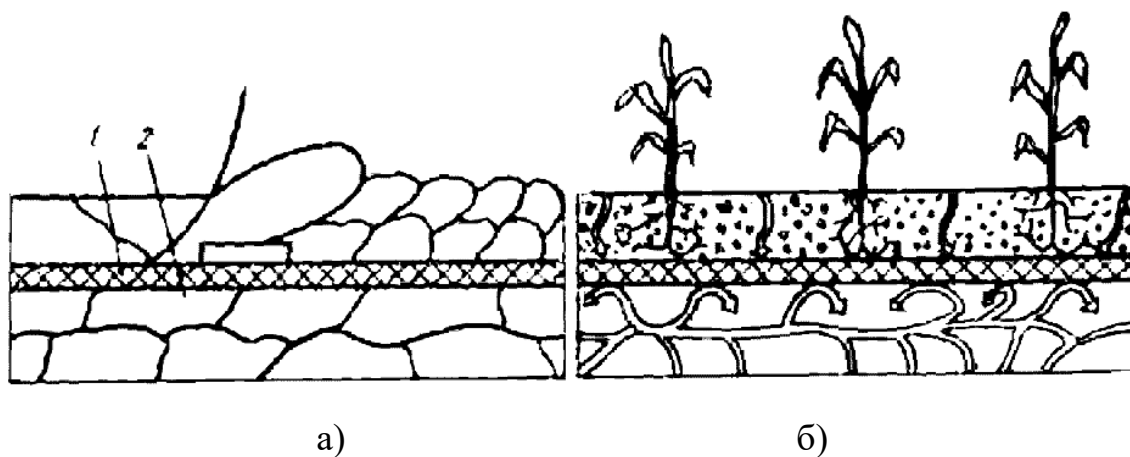


Рисунок 2.1 – Наслідки щорічної дії орного агрегату [5, 6]:

а – багаторічний обробіток плугом на постійну глибину; б – розвиток кореневої системи рослин при наявності плужної підшви.

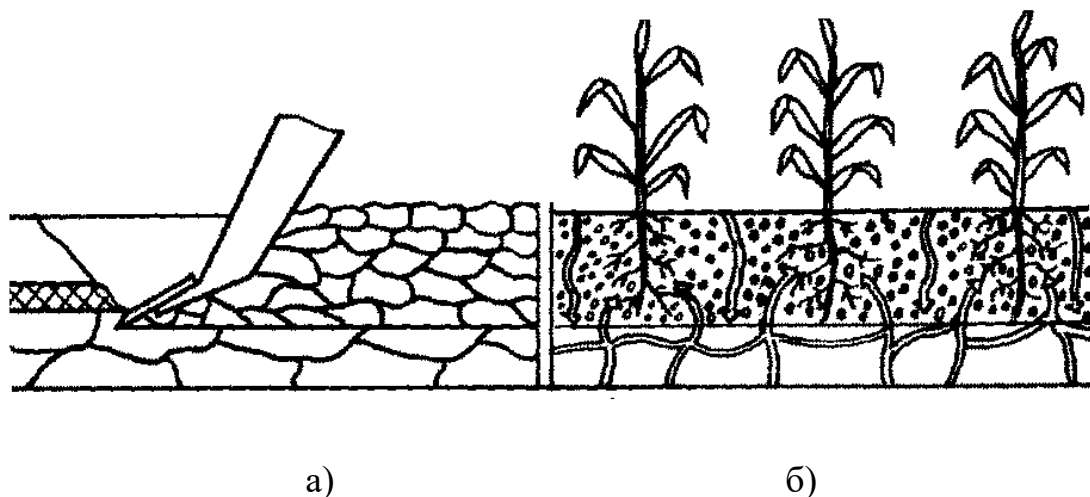


Рисунок 2.2 – Наслідки застосування чизельних знарядь [4, 5, 6]:

а – стан ґрунтового середовища при руйнуванні плужної підшви;
б – розвиток кореневої системи рослин за відсутності плужної підшви.

Чизельні знаряддя вже доволі тривалий період використовуються в агровиробництві та довели свою ефективність, тому виробниками техніки постійно проводиться удосконалення цього виду ґрунтообробної техніки для основного обробітку ґрунту. Класифікуємо чизельні знаряддя відповідно до їх типу, призначення та робочих органів, які при цьому використовуються (рис. 2.3).

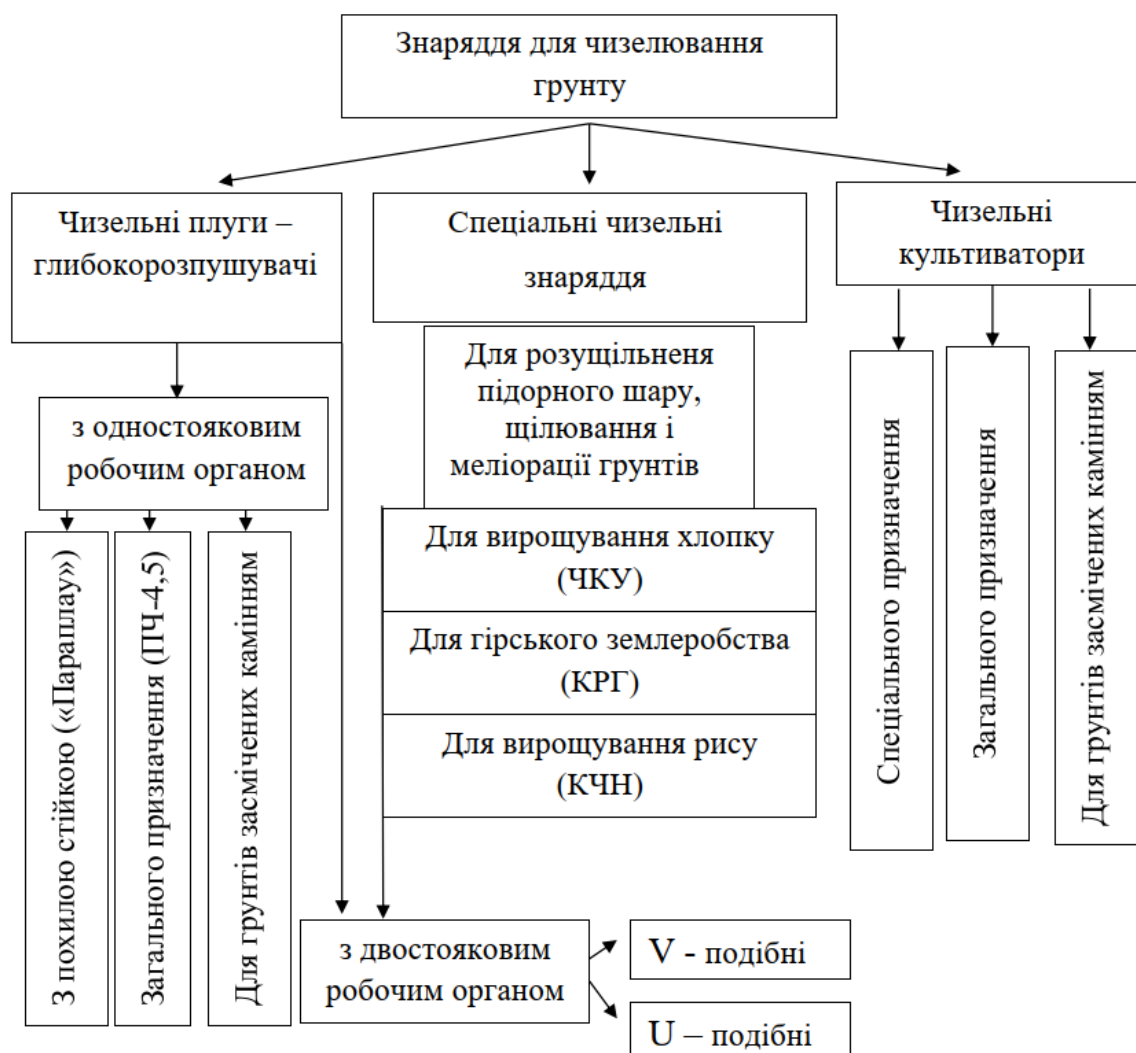


Рисунок 2.3 – Класифікація основних видів чизельних знарядь

Зважаючи на доволі значний попит на ґрунторозпушуючу техніку, чизельні знаряддя виготовляють такі вітчизняні підприємства, як "БМ-Сістемс", ТОВ НВП "БІЛОЦЕРКІВМАЗ", ТОВ "АГРОМАШ" КРАСНЯНСЬКЕ СП, Компанія "DEMETRA" тощо, які використовують останні наукові напрацювання в сфері обробітку ґрунту при проектуванні і виготовленні ґрунтообробної

техніки для екологічно безпечного та ресурсощадного землеробства. Розглянемо основні конструктивні особливості чизельних знарядь вітчизняного і закордонного виробництва, представлені на ринку України.

2.2. Аналіз конструктивних особливостей чизельних знарядь

Компанією “DEMETRA” пропонується ряд чизельних ґрунтообробних знарядь серії ГРД як начіпного, так і причіпного агрегування [8], які забезпечують глибокий обробіток ґрунту на глибину до 45 см. Чизельні лапи обладнанні стійкою 1 прямокутного перерізу, до якої закріплене долото 2 оригінальної форми, крила 3 і ніж 4 (рис. 2.4). Долото призначене для сколювання моноліту ґрунту, крила формують профіль дна борозни, а ніж зменшує тягове зусилля та навантаження на стояк.



Рисунок 2.4 – Глибокорозпушувач ГРД-5 від Компанії “DEMETRA” [8]

Модельний ряд ґрунторозпушувачів ГРД забезпечує ширину обробітку від 1,5 м до 3,5 м. Додатково даний агрегат оснащується спареними зубчастими котками, які забезпечують вирівнювання поверхні поля з необхідним агрегатим станом.

Натомість ТОВ НВП “БІЛОЦЕРКІВМАЗ” пропонується модельний ряд глибокорозпушувачів серії ГР (1,8; 2,5; 3,4; 4,3) шириною захвату 1,8 м до 4,3 м відповідно (рис. 2.5). Дані ґрунторозпушувачі мають оригінальну подвійну

					ЧЗ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

A green and black agricultural implement, likely a moldboard plow or similar heavy-duty tillage tool, shown against a white background. The machine features a green frame with multiple black moldboard plows and a central shaft with several small, dark, pointed implements. A yellow label with the number '1743' is visible on the side.

Виробник сільськогосподарської техніки БМ Системс також пропонує модельний ряд чизелів серії ЧН (рис. 2.6) робочою шириною захвату 1,5-4,5 м. Дані чизельні глибокорозпушувачі мають дещо схожу конструкцію стояка з глибокорозпушувачами ГРД, але відрізняються формою долота, яке в даній конструкції є двостороннім, тобто при зношуванні його можна ще раз використати, переставивши на іншу сторону, а також формою крил, які мають більш криволінійну форму перерізу. Крім того, виробником пропонується два види спарених котків – з прямолінійним зубом і криволінійним, що розширює функціональні можливості даного агрегату, а регулювання глибини обробітку можна виконувати безступінчасто завдяки конструкції механізму кріплення котків.



Рисунок 2.6 – Чизель ЧН-2,3 від «БМ-Сістемс» [10]

Всесвітньовідомий виробник техніки для АПВ Great Plains пропонує своє бачення основного обробітку, в основі якого більш інтенсивна обробка поверхневих шарів. Так виробником пропонується причіпний Ультра-Чизель™, робоча ширина обробки якого становить від 6,63 м до 9,99 м (рис. 2.7). Працює даний агрегат на глибині до 20,3 см, що дозволяє проводити основний обробіток ґрунту з вертикальним переміщенням ґрунтової маси.



Рисунок 2.7 – Причіпний Ультра-Чизель™ від «Great Plains» [11]

Оснащений даний агрегат пружинними стійками Ultra-Chisel, які мають зусилля спрацювання 408 кг, а відстань між стійками становить 23 або 30 см.

					ЧЗ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Залежно від типу ґрунту та призначення обробітку агрегат може комплектуватись прямими лапами шириною 51 мм, крильчастими 179 мм, скрученими на 76 або 102 мм, або ж з напавкою 305 або 406 мм. Завершує обробіток вирівнювання поверхні поля пружинними (спіральними) боронами.

Цей же виробник пропонує і новинку Макс-Чизель™ (рис. 2.8), який забезпечує, за словами виробника, більш агресивний обробіток завдяки комплексу робочих органів. Даний чизель обладнано вигнутими дисками з перфорацією, розміщених у два ряди на С-подібних стояках, які інтенсивно руйнують ущільнений шар ґрунту, і завдяки своїй конструкції переміщують і рівномірно розподіляють рослинні рештки на глибині 10-13 см.



Рисунок 2.8 – Причіпний Макс-Чизель™ від «Great Plains» [11]

В якості глибокорозпушувачів виробник пропонує використати один з варіантів – важких ґрунтах рекомендовано використовувати параболічну перекидну стійку, що забезпечує роботу агрегату в середньому діапазоні глибин 20-32 см і має зусилля спрацювання 1111 кг, а для легких ґрунтів можна використати чизельні, які підтримують зусилля спрацювання до 408 кг.

					ЧЗ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Для вирівнювання поверхні поля пропонується застосувати сегментований ріжучий коток і як додаткова опція – вирівнююча планка.

Для умов, коли необхідно усунути плужну підшву, покращити інфільтраційні властивості ґрунту фірма Great Plains пропонує використати лінійний глибокорозпушувач VT1500 (рис. 2.9), який забезпечує обробіток ґрунту до 41 см.



Рисунок 2.9 – Причіпний лінійний глибокорозпушувач VT1500 від «Great Plains» [11]

Залежно від структури ґрунту і призначення глибокорозпушувач VT1500 може оснащуватись плоскорізними і долотоподібними лапами різноманітної конфігурації, що дозволяє забезпечити не лише глибокий обробіток, а й керувати профілем борозни. Для зменшення навантаження на чизельні стійки і усунення

					ЧЗ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

накопичення стернгової маси на них попереду розміщені колтери, які розрізають ґрунт перед стійками. Для вирівнювання агрегатного стану верхнього шару використовується ущільнюючий коток.

Дещо схожі функції забезпечують і диско-чизельні борони серії БДВП виробництва ТОВ “АГРОМАШ” КРАСНЯНСЬКЕ СП (рис. 2.10), призначені для поверхневого обробітку ґрунту дисками до 16 см та одночасного смугового глибокого обробітку чизельними робочими органами на глибину до 40 см, що дозволяє поліпшити водно-повітряний режим ґрунту.



Рисунок 2.10 – Борона диско-чизельна БДВП-3,0-01 виробництва ТОВ “АГРОМАШ” КРАСНЯНСЬКЕ СП [12]

На ринку України також представлені чизелі RAVARDI серії DEEP (рис. 2.11), які мають робочі органи класичної форми, при цьому стояк має плавну геометрію робочої частини, в нижній частині закріплене двостороннє долото BELLOTA, маються бічні крила для формування дна борозни та центральний ніж для додаткової деформації ґрунту та зниження загального тягового опору. Від перевантаження при роботі на кам’янистих ґрунтах встановлено запобіжний зрізний болт.

					ЧЗ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		



Рисунок 2.11 – Чизель RAVARDI серії DEEP [13]

Для вирішення проблеми надмірного переущільнення ґрунту компанією John Deere (США) пропонується використати при основному обробітку ґрунту навісний глибокорозпушувач 2100 (рис. 2.12).



Рисунок 2.12 – Глибокорозпушувач 2100 компанії John Deere [7]

					ЧЗ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Дане знаряддя має робочі органи, розміщені на практично вертикальній прямокутній стайці, на всю робочу глибину якої закріплений ніж змінної по висоті конфігурації. Попереду стійок розміщені диски, призначені для прорізання верхнього шару ґрунту і стерньової маси. Працює даний чизель на глибину до 41 см. Рівномірність глибини обробітку забезпечують спарені копіюючі колеса. За робочими органами опціонально розміщені закриваючі колеса, призначені для вирівнювання поверхні поля.

Виробником пропонується для глибокорозпушувачів John Deere ряд долотоподібних насадок, які закріплюються на стійках, а також опціонально встановлення ріжучих ножів перед стійками, які при роботі на важких ґрунтах після відповідних попередників дозволяють полегшити проникнення стійок у ґрунт та котків різноманітної конфігурації для вирівнювання поверхні поля після проходу агрегата.

Ще одним оригінальним рішенням ґрунтообробної техніки, яка не лише забезпечує безвідвальне розпушування ґрунту на глибину нижче орного горизонту по різноманітних фонах, а й дозволяє внести резервні дози добрив, є глибокорозпушувачі DELTA (рис.2.13) від компанії Hatzenbichler (Австрія).



Рисунок 2.13 – Глибокорозпушувач «DELTA» від компанії Hatzenbichler [14]

Зазначені глибокорозпушувачі мають широкий модельний ряд відповідно до ширини захвату – 2,5, 3, 3,5, 4 та 6 м у навісному та причіпному варіантах,

					ЧЗ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Виробник також пропонує до використання залежно від ґрунтово-кліматичних умов і призначення обробітку два види лап: долотоподібні для розуцільнення ґрунту або наральникові, які забезпечують і переміщення пластів ґрунту.

Оригінальність конструкції даних агрегатів дозволяє одночасно з обробітком ґрунту виконати і внесення добрив, при цьому додаткові робочі органи сприяють або закладенню сидератів, рослинних решток з формуванням мульчуючого шару у верхніх шарах ґрунтового середовища.

2.3. Обґрунтування конструктивно-технологічної схеми ґрунтообробного агрегату

Базуючись на проведеному аналізі найбільш поширених ґрунтообробних знарядь, які використовуються в якості чизельного обробітку ґрунту, можемо прийти до висновку, що не зважаючи на досить значну їх різноманітність, дані знаряддя є універсальними, але для адаптації під різноманітні ґрунтово-кліматичні умови вимагають досить суттєвого переналагодження, що супроводжується зміною, в тому числі і основних робочих органів.

Відповідно до поставленого в роботі завдання та враховуючи проведений аналіз конструктивних особливостей для подальшої модернізації обрано глибокорозпушувач серії ЧН виробництва БМ-Сістемс, який є відносно простим з технологічного боку у виробництві, але при цьому дозволяє виконати основні функції чизельного знаряддя. Серед основних складових частин даного чизельного знаряддя виділимо основні робочі органи у вигляді стояка з розміщеними на ньому долотом, крилами та ножом, раму просторової форми, механізм регулювання глибини обробітку з гідроприводом, начіпний пристрій та додаткові робочі органи у вигляді зубчастих котків.

Кріплення долота до стояка відбувається за допомогою двох гвинтових з'єднань впоперек його площини. У верхній частині стояка розміщені отвори, що слугують для з'єднання із подовжувачем, який закріплено до рами болтами.

Ніж, закріплений по центру стояка призначений для мінімізації опору ґрунту, який він чинить на стояк та додаткового розпушування крупних грудок,

					ЧЗ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

які зрушені долотом. Рама дозволяє закріпити всі основні робочі органи та одночасно служить як точка приєднання до навісного обладнання трактора та приєднання додаткових робочих систем. Рама є зварною жорсткою конструкцією і являє собою прямокутну просторову форму. Робочі органи і механізм регулювання розміщені на повздовжніх і поперечних брусах рами.

Додатково виробником пропонується доукомплектувати знаряддя зубовими котками з прямим чи косим зубом, які дозволяють виконати додаткове розпушення поверхневих шарів ґрунту, водночас і забезпечити стабільність глибини обробітку основними робочими органами. Їх конструкція передбачає застосування пустотілих трубчастих циліндрів, на периферії яких приварені зуби або прямокутної або зігнутої серповидної форми.

Для встановлення і контролю глибини обробітку конструкцією передбачено встановлення механізму, який спирається на два вертикально розміщені бруси, встановлені по краях рами у відповідних направляючих. Опускання і піднімання даного механізму можна реалізувати або механічним регулюванням або двома гідроциліндрами.

Відповідно до технологічного процесу роботи ґрунторозпушувача при поступальному русі агрегату відбувається заглиблення робочих органів в ґрунт на глибину, яка встановлена відповідним регулюванням опорних котків. Внаслідок дії долота відбувається сколювання та деяке піднімання шар ґрунту долотом, при цьому тріщини, які утворилися внаслідок сколювання розповсюджуються на всю глибину обробітку, що спричиняє утворення рівномірно розколої дрібногрудкуватої структури. Дія ж стояка пов'язана з розсуванням ґрунту в обидві сторони та додатковим його кришенням, при цьому центральний ніж зменшує загальний опір стояка. Бічні крила створюють додаткове розпушення ґрунтового середовища на відповідній, заздалегідь заданій глибині, що дозволяє вирівняти профіль утвореної борозни та полегшити роботу наступних машин. Розміщені позаду агрегату спарені зубчасті котки подрібнюють ґрунтові брили, які знаходяться на поверхні, забезпечуючи при цьому дрібногрудкувату структуру верхнього шару.

					ЧЗ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Порівнюючи зазначене чизельне знаряддя з іншими ґрунторозпушувачами можемо відзначити, що він в переважній більшості випадків не поступається аналогам, однак має і перспективу для модернізації, мета якої знизити тяговий опір, покращити якість розпушування ґрунту, а також підвищити надійність конструкції, особливо при роботі на різноманітних фонах.

Враховуючи дослідження роботи чизельних знарядь, їх робочих органів [4, 6, 7, 8-18], відгуки фермерів, нами пропонується дещо модернізована версія чизеля (рис. 2.14), який можна використовувати в різних ґрунтово-кліматичних умовах. Запропонований агрегат проектується для виконання основного безвідвального обробітку ґрунту на глибину 35-60 см.

Основну рамну конструкцію запропонованого ґрунтообробного агрегату пропонується виготовити просторовою з прямокутних труб, що забезпечить її жорсткість при меншій металоємності. За такої конструкції основні робочі органи – чизельні лапи можна кріпити безпосередньо до поперечних брусів рами за допомогою болтових з'єднань. Машину пропонується виготовити начіпного агрегування з адаптацією триточкової системи кріплення під різноманітні навісні системи тракторів. З метою адаптації до різноманітних типів агрегування, для контролю глибини обробітку можливо використати як гідравлічну навісну систему тракторів, якщо така дозволяє працювати з забезпеченням відповідних налаштувань, так і передбачені конструкцією опорні колеса, механізм кріплення яких дозволяє відрегулювати необхідну глибину обробітку.

З метою забезпечення більшої міцності конструкції робочих органів пропонується виконати стояк криволінійної форми, що сприятиме більш рівномірному розподіленню напруг, які виникають в стояку. При цьому застосувати центральний ніж стояка, який повторює його форми, забезпечуючи зменшення опору стояка на всій глибині обробітку.

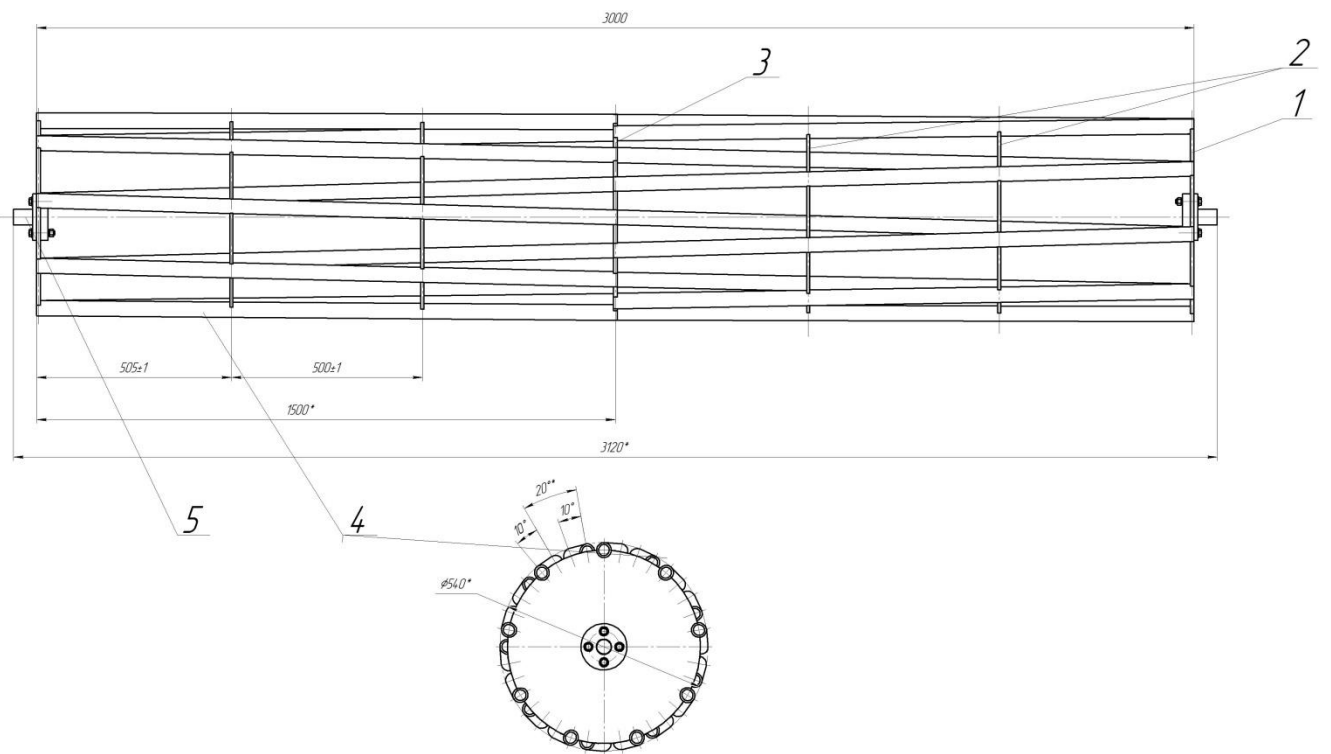
					ЧЗ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ док.ум.	Підп.	Дата		

Практика використання зубчастих котків при обробітку важких ґрунтів, особливо за підвищеної вологості, призводить до їх забивання (налипання) ґрунту разом з стерньовою масою, внаслідок чого вони перестають виконувати задані функції. Натомість при використанні трубчастих котків, які мають відкриту структуру, таких недоліків не спостерігалось. Тому нами пропонується використати образу за чизельними лапами ребристо-трубчастий коток, а в спарку до нього ребристо-планчастий. Таким чином, враховуючи те, що трубчастий коток діє ударним змином, а планчастий – концентрованим ударом, і крім того передбачена можливість регулювання більшої глибини обробітку того чи іншого котка, вдасться досягти більшої адаптації під умови роботи і стан ґрунту.

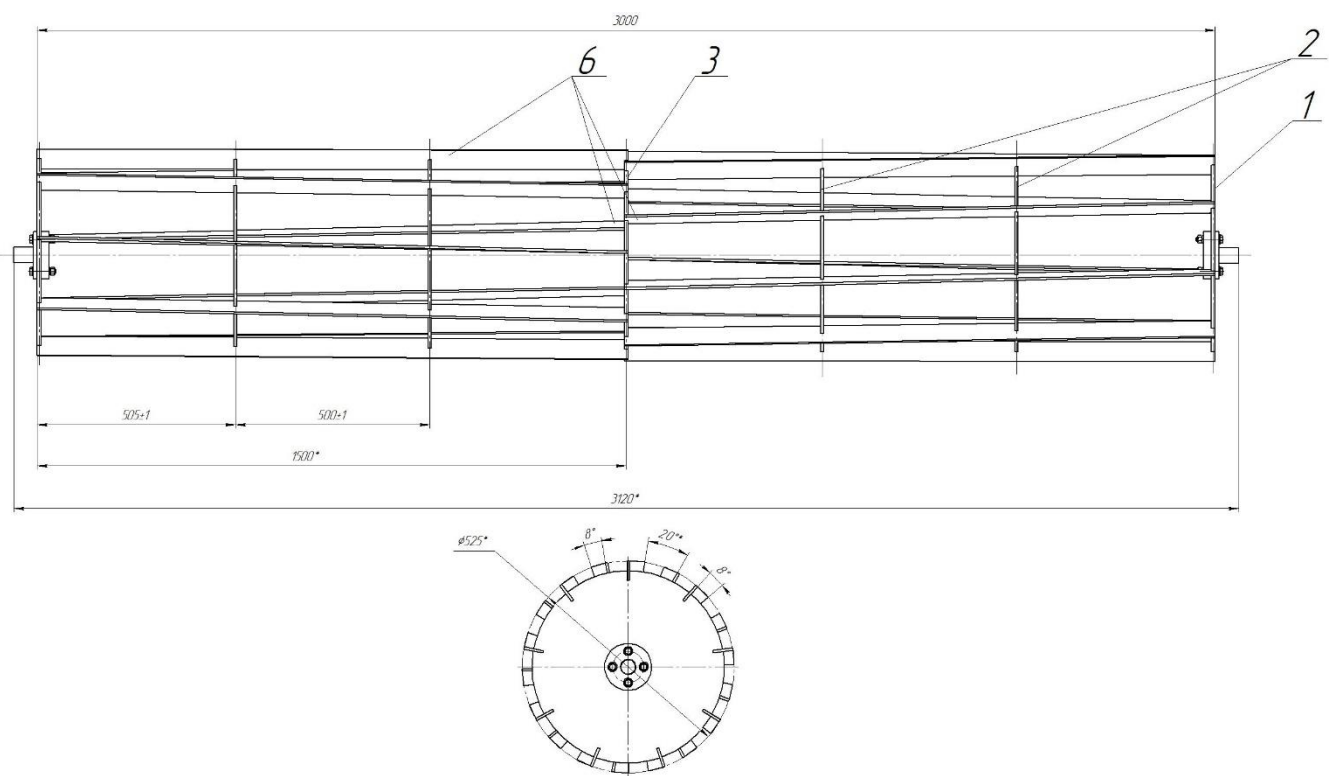
Конструкція котків представляє собою наступне (рис. 2.15). Роль осі обертання виконують маточини 5, до яких закріплюються бокові диски 1. Роль каркасу для труб 4 і планок 6 виконують диски маточини 1 і центральний диск 3. До них труби і планки закріплені методом зварювання, при цьому точки кріплення бокових і основного зміщені на 10° у трубчастого котка і 8° для планчастого, що дозволяє стабілізувати роботу котків. Крім того, з метою забезпечення прямолінійного руху котків без бокового зміщення пропонується виконати зміну напрямку зміщення розташування труб і планок по осі симетрії, яка проходить через центральний диск 3. З метою забезпечення жорсткості конструкції пропонується застосувати чотири проміжні диски 2. Робочими елементами трубчастого котка є труби діаметром 40 мм, а планчастого – кутики з розміром полук 50×40 мм.

З метою визначення основних параметрів запропонованого агрегата виконаємо його інженерні розрахунки.

					ЧЗ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		



а)



б)

Рисунок 2.15 – Котки:

а) трубчастий коток; б) планчастий;

1 – диск маточини; 2 – диски проміжні; 3 – центральний диск; 4 – труби;

5 – маточина; 6 – планка.

									Арк.
Зм.	Арк.	N докум.	Підп.	Дата				ЧЗ 00.000 ПЗ	

2.4. Технологічні розрахунки

У відповідності до [4, 18, 24] робота чизельної лапи характеризується наступними параметрами (рис. 2.16): глибиною обробітку a , м; кутом установки долота відносно дна борозни β , град; шириною захвату долота d , м; шириною зони деформації ґрунту, яка виникає від дії долота b , м; горизонтальною R_{xi} і вертикальною R_{zi} силами, які виникають при взаємодії ґрунту з лапою, кН.

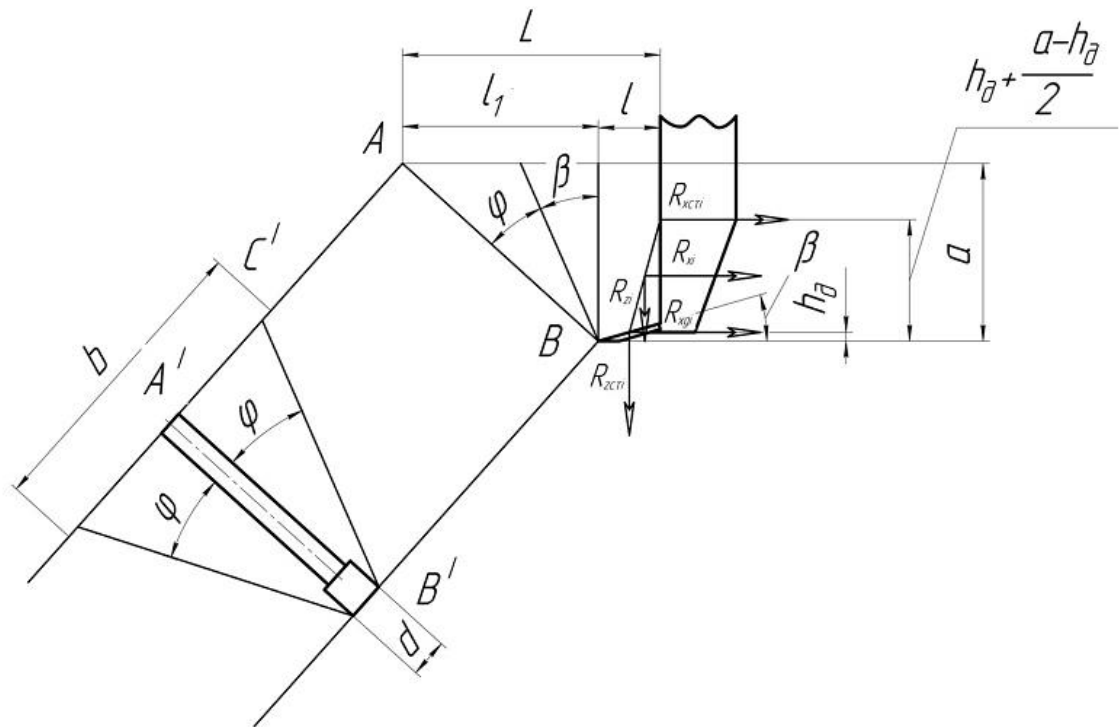


Рисунок 2.16 – Графічна модель взаємодії чизельної лапи з ґрунтом

Відповідно до наведеної схеми бачимо, що тяговий опір чизельної лапи виникає відповідно до дії зусиль, які витрачаються на підрізування пласта ґрунту долотом та ножом стояка, на тертя ґрунтової маси по долоту та стояку, а також на підймання і розпушування ґрунту.

Відповідно величина цих зусиль залежать від параметрів долота і стояка. Визначимо сили, які діють на лапу, що має криволінійну стійку за наступними залежностями.

Величина горизонтальної сили опору чизельної лапи R_{xi} визначається як сума сил опору стійки R_{xsti} та долота R_{xdi} , тобто

$$R_{xi} = R_{xsti} + R_{xdi}$$

Для чизельних лап величина горизонтальної сили опору становить [5, 20, 22]:

$$R_{xi} = \frac{k \cdot a \cdot b}{2}$$

де k – значення питомого опору чизельної лапи, яка згідно дослідним даним становить $k = 25 \dots 85 \text{ кН/м}^2$;

a – глибина обробітку, м, в нашому випадку $a = 0,35 \dots 0,60 \text{ м}$;

b – ширина зони деформації ґрунту, яка виникає від дії долота, м.

Для встановлення значення величини ширини зони деформації ґрунту, яка виникає від дії долота, необхідно розглянути зони деформації ґрунту перед і вбік від чизельної лапи.

Так, величина зони деформації ґрунту перед лапою L становитиме (рис. 2. 16)

$$L = l_1 + l$$

де l_1 – величина деформації попереду лапи, м;

l – винос долота відносно стійки

$$l_1 = a \cdot \operatorname{tg}(\beta + \varphi) = (0,35 \dots 0,60) \cdot \operatorname{tg}(22 + 30) = 0,44 \dots 0,77 \text{ м},$$

$$l = L_d \cdot \cos \beta = 0,20 \cdot \cos 22^\circ = 0,18 \text{ м},$$

					ЧЗ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

φ – кут внутрішнього тертя ґрунту, $\varphi = 30^\circ$ [20];

де L_d – довжина долота, м;

Або в загальному вигляді

$$L = a \cdot \operatorname{tg}(\beta + \varphi) + L_d \cdot \cos \beta.$$

Зону деформації вбоки від чизельної лапи b визначимо геометричним способом (рис.2.16):

$$b = d + 2A'C' = d + 2A'B' \operatorname{tg} \varphi$$

Оскільки $A'B' = AB = \frac{a}{\cos(\beta + \varphi)}$, то

$$b = d + \frac{2 \cdot a \cdot \operatorname{tg} \varphi}{\cos(\beta + \varphi)}$$

Представимо графічною залежністю зміну величин зон деформації в обох напрямках L і b для умов: ширина долота $d = 0,058$ м і глибина ходу обробітку $a = 0,2 \dots 0,45$ м (рис. 2.17).

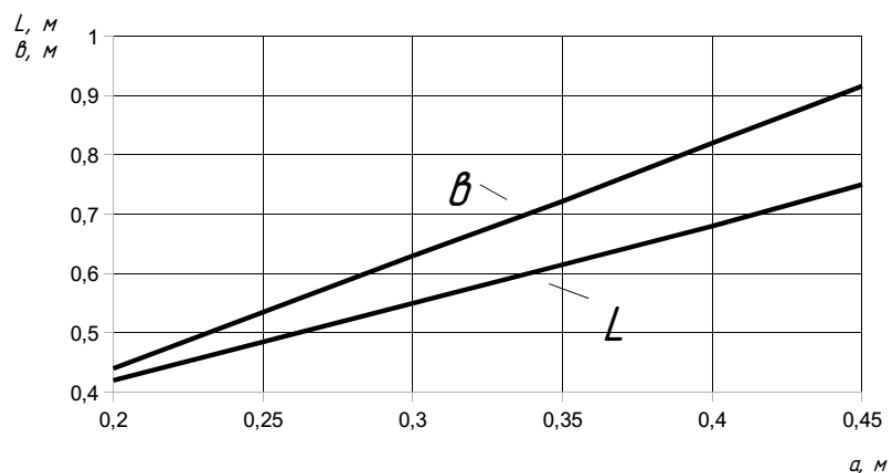


Рисунок 2.17 – Графічна залежність зон деформації L і b від умов роботи та параметрів чизельної лапи при $\varphi = 30^\circ$ і $\beta = 22^\circ$.

Вертикальну ж складову сили опору чизельної лапи можна визначити з наступної умови:

$$R_{zi} = R_{zcti} + R_{zdi} = R_{xi} \cdot \delta$$

де δ – коефіцієнт, що залежить від умов роботи, які враховують властивості ґрунту, швидкість руху агрегату, глибину обробітку та стан робочого органу, зазвичай значення даного коефіцієнта лежить в межах $\delta = 0,2 \dots 0,6$ [20-23].

Відповідно, визначивши величину зон деформації ґрунту від дії робочого органу можемо встановити значення величин сил опору R_{xi} і R_{zi} , для полегшення користування представимо результати у вигляді графічної залежності (рис. 2.18, 2.19).

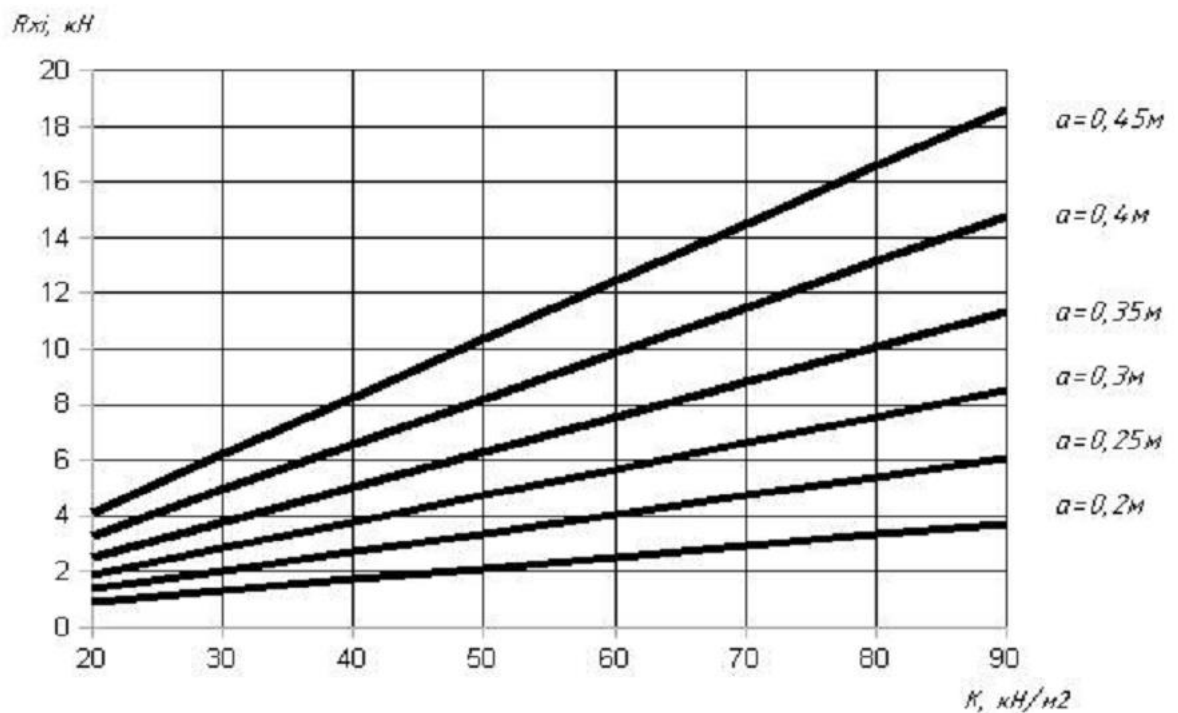


Рисунок 2.18 – Величина горизонтальної складової опору R_{xi} при різних значеннях питомого опору ґрунту k та глибини обробітку a

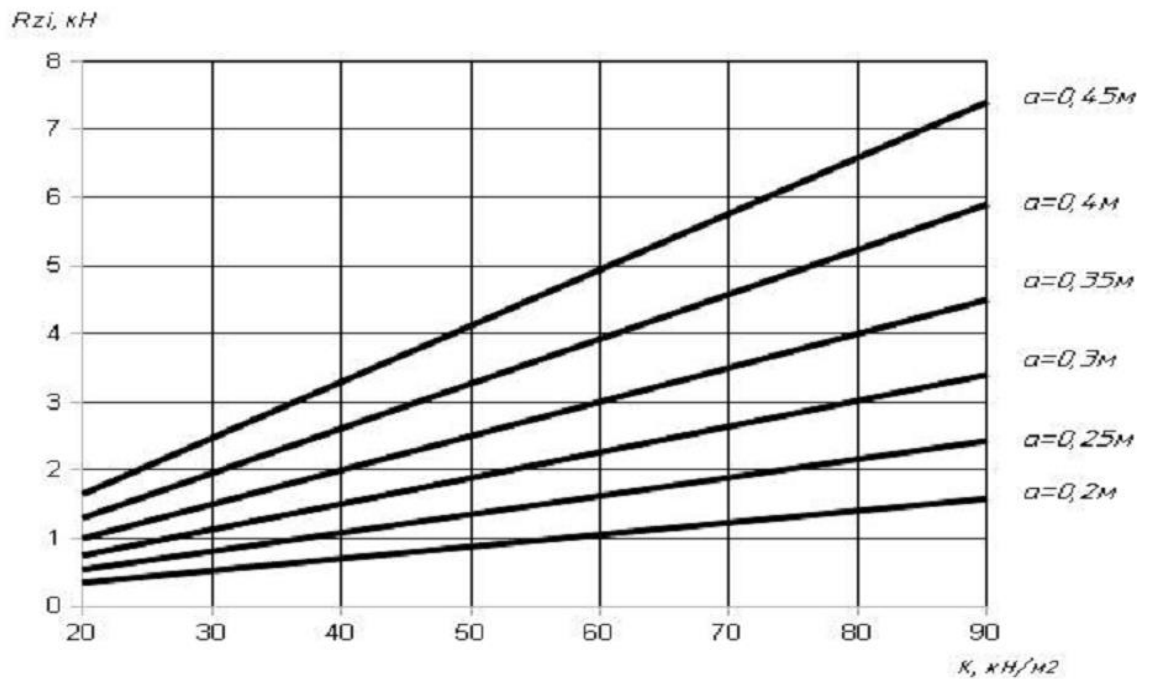


Рисунок 2.19 – Величина вертикальної складової сили опору R_{zi} при різних значеннях питомого опору ґрунту k та глибини обробітку a

Згідно запропонованої конструкції агрегата позаду чизельних лап пропонується встановити два ряди котків, які дозволяють забезпечити необхідну структуру верхнього шару ґрунту та як опора задньої частини агрегату. Котки першого ряду призначені для подрібнення великих грудок (використовуються планки круглого перетину). Котки другого ряду, що мають планки прямокутного перетину не лише дозволяють вирівняти поверхню поля, а також виконати підґрунтове ущільнення на глибину посіву з деяким мульчуванням верхнього шару.

Як вже зазначалось, трубчасті планки першого котка розміщені концентрично з кутом між ними 10° , натомість прямокутні планки другого мають кут зміщення 8° , що забезпечить вільний прохід частинок ґрунту між планками без забивання.

Діаметр катків має прямий вплив на якість впливу на ґрунт – чим менший діаметр, тим більша частота обертання, тобто зростає лінійна швидкість планок, що викликає більш інтенсивну дію на ґрунт, відповідно краще її кришення, але при цьому діють і менші сили інерції, що не дозволяє якісно розкришити

зв'язаний ґрунт, що особливо простежується при роботі на важких ґрунтах. Величину мінімального радіусу котка R_{min} рекомендовано визначати залежно від глибини ходу котка (рис. 2.20) з умови відсутності забивання ґрунтом [20, 23]:

$$R_{min} = r + d + a_{k_2}$$

де r – радіус валу котка, м;

d – еквівалентний діаметр ґрунтових часточок, які можуть потрапити до внутрішнього простору котка, м;

a_{k_2} – глибина обробітку котком, м.

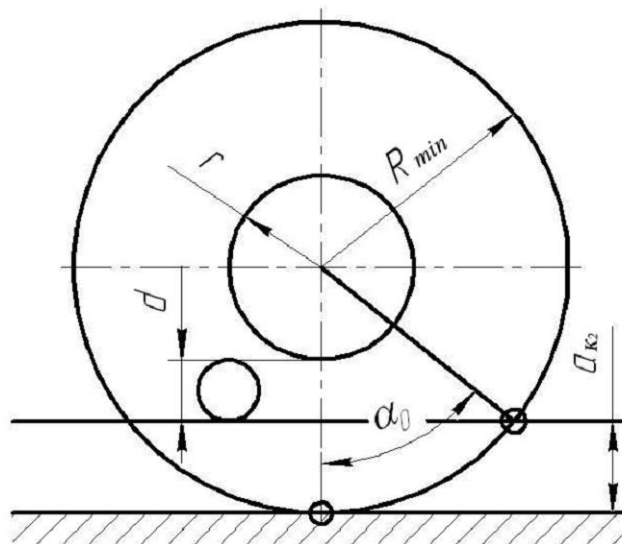


Рисунок 2.20 – Схема роботи котка

Розглянемо кут α_0 , на який повернеться коток відносно вертикальної осі від точки входу планки в ґрунт до точки виходу з нього:

$$\cos \alpha_0 = \frac{R - a_{k_2}}{R}$$

Результати розрахунків залежності мінімального радіусу котка від глибини обробітку представимо у вигляді рафіків (рис. 2.21). Аналіз зазначених

					ЧЗ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	N докум.	Підп.	Дата		

залежностей показує, що при зменшенні діаметра котка з одночасним збільшенням глибини обробітку простежується збільшення кута взаємодії планки з ґрунтом, відповідно більш інтенсивної їх взаємодії. Мінімальна ж величина діаметра котка для різних значень глибини обробітку буде залежати від розмірних характеристик грудок та стану ґрунту.

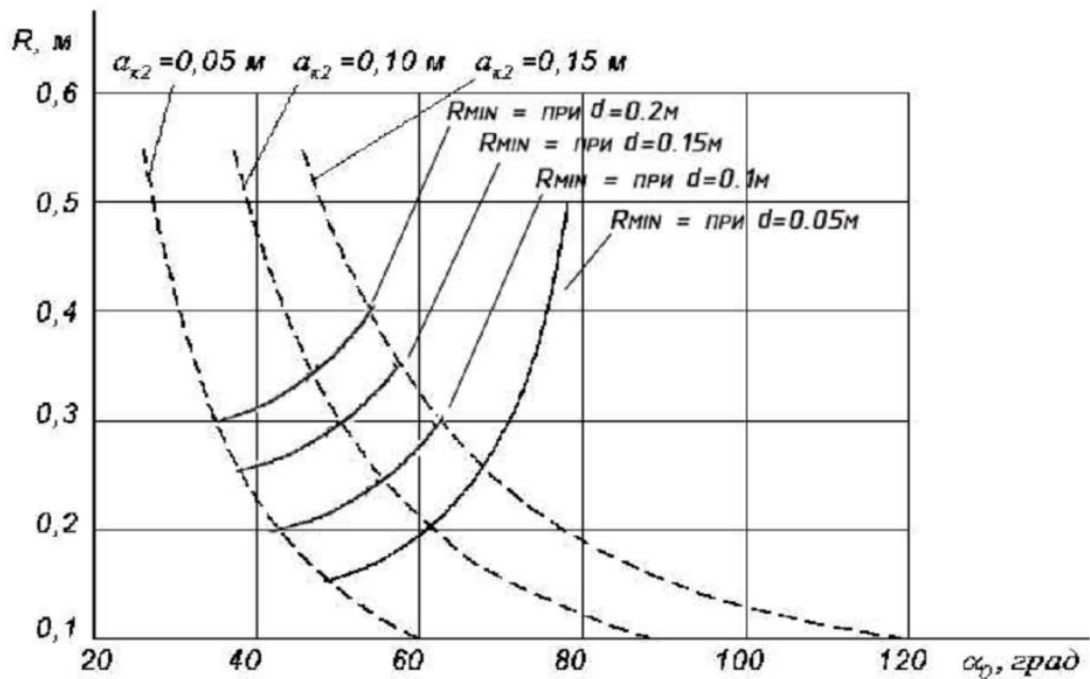


Рисунок 2.21 – Графічні залежності до визначення радіусу котка.

Зважаючи на призначення котків та отримані розрахункові і дослідні результати, приймаємо наступні конструктивні параметри котків:

- котки першого ряду: зовнішній діаметр $D_1 = 0,540 \text{ м}$; кількість планок – 9, форма планок кругла $\varnothing 40 \text{ мм}$;
- котки другого ряду: зовнішній діаметр $D_2 = 0,525 \text{ м}$; кількість планок – 9; форма планок прямокутна, $40 \times 50 \text{ мм}$.

Також згідно з дослідженнями [4, 22] приймемо відстані між робочими органами, які мають деякий діапазон у відповідності до швидкості переміщення агрегату:

- відстань між рядами чизельних лап $L_{рл} = 0,8 \dots 1,0 \text{ м}$;
- відстань від чизельних лап другого ряду до першого котка $L_{лк} = 0,6 \dots 0,8 \text{ м}$;

- між котками при прийнятому їх діаметрі відстань становитиме $L_{кк} = 0,5$ м.

Тепер визначимо загальну ширину захвату чизельного агрегата, використовуючи отримані вище розрахункові дані згідно рекомендацій [21]:

$$B_{ч.агр} = \frac{\eta \cdot P_{тр}}{q_{гр}},$$

де η – коефіцієнт, що визначає ступінь використання тягового зусилля енергетичного засобу, для агрегатів для основного обробітку $\eta = 0,84$;

$P_{тр}$ – тягове зусилля трактора, яке для більшості тракторів 1,4 класу, який пропонується в якості енергетичного засобу для агрегування розробленого агрегата, становить 29 кН при робочій швидкості руху агрегата 9 км/год [21];

$q_{гр}$ – питомий опір ґрунту, який виникає при чизелюванні на глибину 0,45 м, враховуючи і роботу спареного котка запропонованої конструкції становить $q_{гр} = 7,4$ кН/м [4, 24].

Таким чином маємо

$$B_{ч.агр} = \frac{0,84 \cdot 29}{7,4} = 3,29 \text{ м.}$$

Таким чином, враховуючи можливість обробітку полів з підйомами до 5% та особливості перекриття зони розпушення між сусідніми лапами приймаємо ширину захвату чизельного агрегата $B_{ч.агр} = 3,0$ м.

Визначимо загальну кількість чизельних робочих органів, які виконують глибокий обробіток ґрунту, враховуючи їх розташування у два ряди.

Загальна кількість чизельних лап становитиме

$$n = \frac{B_{ч.агр}}{B_{чл}} = \frac{3,0}{0,45} = 6,6,$$

					ЧЗ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	N докум.	Підп.	Дата		

де $B_{ч.агр}$ – ширина захвату чизеля;

$B_{чл}$ – технологічна ширина зони деформації однієї чизельної лапи.

З врахуванням того, що зона деформації залежно від стану ґрунту та його типу можуть відрізнятися, приймаємо кількість лап $n = 7$ шт – три з яких розміщені у першому ряду, а чотири в другому.

Висновки по розділу.

В розділі було обґрунтовано важливість і доцільність безвідвального обробітку ґрунту, розглянуто конструктивні особливості конструкцій глибокорозпушувачів як вітчизняного, так і закордонного виробництва.

Наведений аналіз переваг і недоліків найбільш поширених в Україні ґрунтообробних знарядь для глибокого обробітку ґрунту. За результатами аналізу визначено найбільш перспективні напрямки подальшого удосконалення даного класу машин.

Запропоновано оригінальну конструкцію чизельного агрегата, який містить чизельні лапи оригінальної конструкції, розміщені у два ряди та блок спарених котків, передній з яких є ребристо-трубчастим, а задній – ребристо-планчастим.

Для запропонованої конструкції проведені відповідні технологічні розрахунки, які дозволили обґрунтувати основні конструктивні параметри робочих органів та їх взаємне розташування. З метою перевірки проведених розробок необхідно провести експериментальні дослідження, які дозволять скорегувати розрахункові значення параметрів і режимів роботи.

					ЧЗ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

3. НАУКОВА ЧАСТИНА

За результатами проведеного аналізу сучасної техніки для чизелювання ґрунту та існуючих досліджень, що стосуються інтенсифікації глибокого обробітку було обґрунтовано робочу гіпотезу, відповідно до якої підвищити працездатність і ефективність функціонування чизельних лап можливо завдяки виконанню стояка криволінійної форми, що підвищить його міцність, застосуванню додаткового ножа, розміщеного попереду стояка вздовж всієї глибини обробітку, що дозволить зменшити питомий опір стояка при деформації ґрунту, а також використання горизонтальних деформаторів, які згладжують профіль борозни на необхідній глибині.

Запропонована чизельна лапа (рис. 3.1) має в своєму складі стояк 1, ніж для додаткового подрібнення сколеного і піднятого долотом ґрунту 2, два симетричні крила 3 та долото 4. Стояк 1 та ніж 2, на ньому закріплений, створюють вертикальну деформацію; основну ж роботу по зрушенню ґрунту та горизонтальної деформації виконує долото 4, а додаткову – крила 3. В якості додаткового ефективного деформатора верхніх шарів ґрунту після проходу чизельних лап виступає спарений планчастий коток, який крім того, залежно від потреб, може також утворювати мульчуючий шар на глибині до 12 см.

Конструкцією спареного котка, який пропонується обладнати попереду трубчастим, а позаду планчастим, які закріплені в підшипникових вузлах на боковині, передбачено регулювання положення котків відносно горизонту за допомогою відповідного гвинтів, які впираються в п'ятки кронштейнів котків.

Метою даного розділу є експериментальна перевірка ефективності роботи запропонованого чизеля та напрацювання відповідних рекомендацій для внесення коректив до його конструкції.

					ЧЗ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Для виконання запропонованої мети було розроблено та виготовлено дослідний зразок чизельного агрегата (рис. 3.2), конструкцією якого передбачалась можливість змінювати положення робочих органів як в поперечному (по ширині захвату), так і поздовжньому (між рядами лап) напрямках. Крім того, було забезпечено широкий діапазон регулювання глибин обробітку, зокрема і для котків, в тому числі і один відносно іншого у вертикальній площині. Для агрегування чизеля використовували трактор тягового класу 1,4 (тягове зусилля 14 кН).



Рисунок 3.2 – Загальний вигляд виготовленого для експериментів чизеля в роботі

З метою встановлення якісних показників роботи запропонованого агрегату було заплановано декілька серій дослідів. Перша серія дослідів була призначена для визначення основних закономірностей впливу конструктивних параметрів, а також режимів роботи чизельного агрегату на показники якості глибокого розпушення. При плануванні експериментальних досліджень, визначенні значимості факторів, а також виконанні статистичної обробки дослідних даних користувались пакетом прикладних програм STATISTICA 10. Умови дослідження: поля розташовані в Новоукраїнському районі Кіровоградської області, за механічним складом ґрунт важкий і середній

					ЧЗ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

суглинок, значення твердості ґрунту становило відповідно до діапазонів глибини 0...10 см, 10...20 см, 20...30 см, відповідно 20-25 кг/см², 35-50 кг/см², 60-85 кг/см². В якості показника, яким оцінювали ефективність роботи чизеля, використовували коефіцієнт якості кришення ґрунту k , значення якого визначали як:

$$k = Y = \frac{m_{\leq 50}}{m_{\Sigma}} \cdot 100\%,$$

де Y – кодове значення показника якості;

$m_{\leq 50}$ – маса ґрунтових агрегатів, розмір яких становив менше 50 мм, кг;

m_{Σ} – відповідно загальна вага навіски, кг.

Як показав попередній аналіз, фактори, які здійснюють досить значний вплив на процес глибокого обробітку наступні: глибина обробітку; швидкість переміщення агрегата; відстань між рядами чизельних лап; відстань між лапами по ширині захвату; глибина встановлення крил. Зважаючи на результати пошукових досліджень [7, 18] встановлено, що для ефективної роботи чизельного агрегата необхідно використовувати два котки одночасно. Наведений аналіз дозволив встановити рівні варіювання впливових чинників (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Рівні варіювання факторів

№ п.п.	Фактори		Рівні варіювання		Інтервал варіювання
	Найменування	Позначення	Верхній (+)	Нижній (-)	
1	Глибина обробітку чизельними лапами, h , см.	x_1	45	20	12,5
2	Робоча швидкість руху агрегату, V , км/год	x_2	9,2	5,6	1,8
3	Відстань між рядами чизельних лап, l , см	x_3	100	40	30
4	Відстань між лапами по ширині захвату, b , см	x_4	80	40	20
5	Глибина встановлення крил, h_k , см.	x_5	26	18	4

За допомогою вбудованої функції програми STATISTICA 10 було виконано планування проведення повнофакторного експерименту, отримано матрицю дослідів, проведено дослід і отримані результати занесені до відповідної матриці. Даний пакет прикладних програм дозволяє також в автоматичному режимі виконати статистичний аналіз отриманих даних, зокрема виконати перевірки на відтворюваність дослідів (з використанням критерію Кохрена (G)) – відхилення дослідних даних належить визначеному діапазону, тому досліді відтворювані. Також програмно на основі дослідних даних після їх обробки отримано рівняння регресії, яке є математичною моделлю процесу і встановлює залежність якості виконаної роботи від зазначених параметрів і режимів роботи чизеля:

$$Y = 63,22 + 4,24x_1 + 2,71x_2 + 0,038x_3 - 0,412x_4 + 0,387x_5 - \\ -3,823x_1^2 - 1,401x_2^2 - 0,69x_3^2 - 0,081x_4^2 - 1,935x_5^2 + \\ +0,91x_1x_2 - 0,495x_1x_3 + 3,215x_1x_4 + 2,98x_1x_5 - 1,215x_2x_3 + \\ +2,05x_2x_4 + 2,15x_2x_5 + 0,861x_3x_4 - 1,389x_3x_5 + 1,235x_4x_5$$

Отримана модель була перевірена на адекватність відповідно до критерію Фішера (F), який продемонстрував, що дана модель реалістично описує процес з 95% вірогідністю.

Оскільки впливовість факторів відрізняється декількома порядками, то було виконано оцінку рівня значимості факторів з відображенням результатів у вигляді стандартизованої Парето-карти (рис. 3.3), яка показує які фактори я на скільки мають статистично-значимі ефекти впливу на цільову функцію. Дана процедура являє собою 95% тест для визначення значимості – на діаграмі це відображено вертикальною лінією, яку перетинають відповідні стовпці чинників.

					ЧЗ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

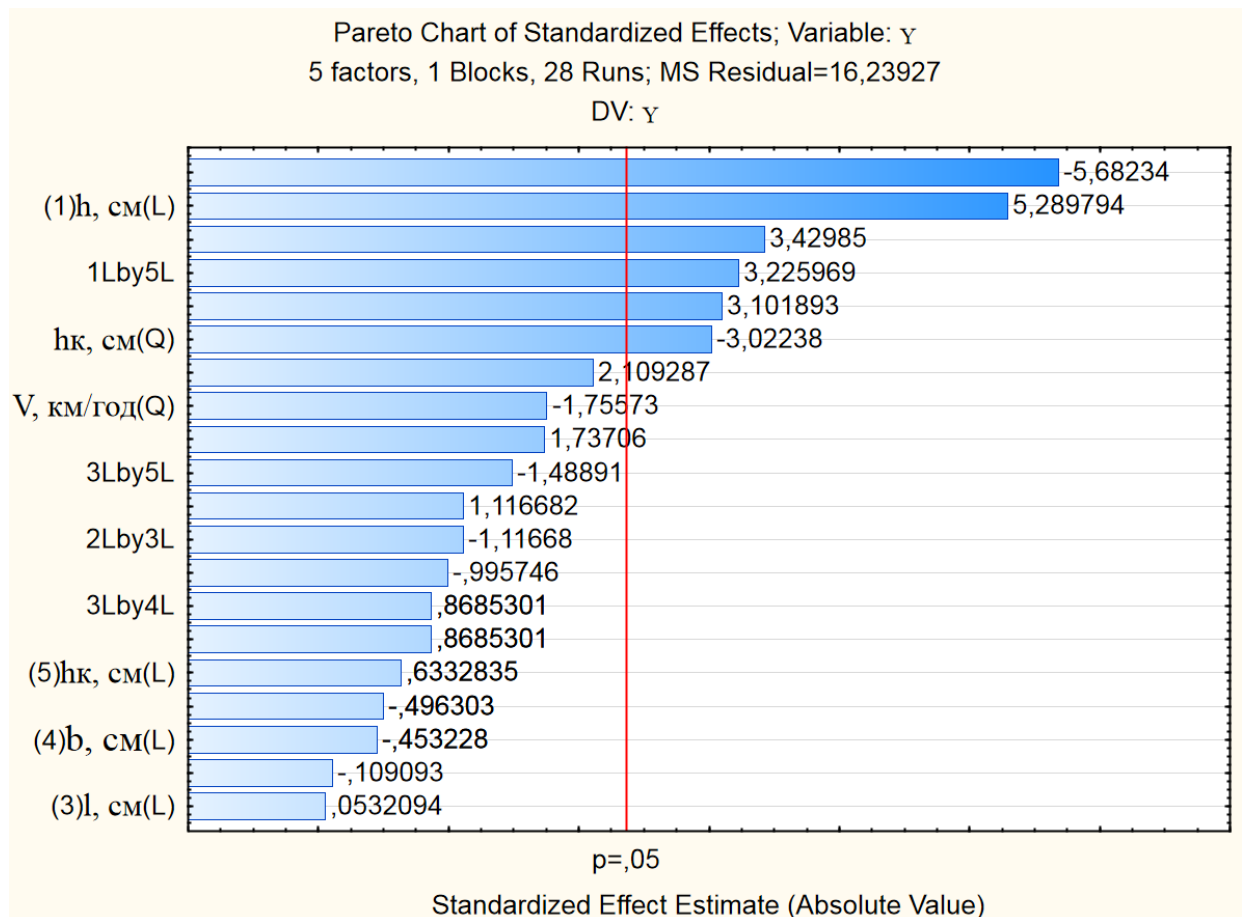
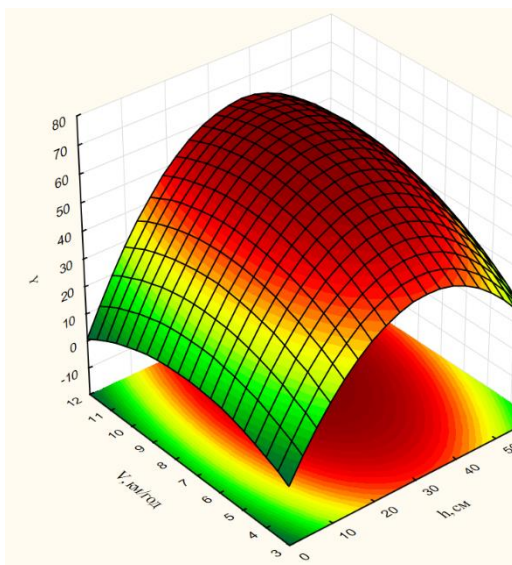


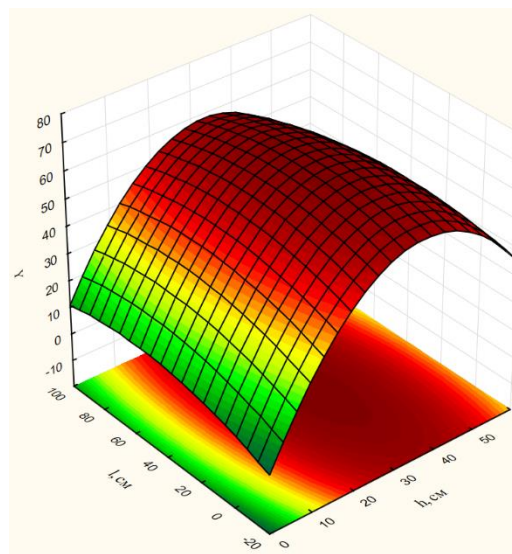
Рисунок 3.3 – Визначення впливовості факторів згідно стандартизованої Парето-карти

Для візуального аналізу впливу факторів на критерій оптимізації проведено побудову поверхонь відгуку та ліній рівного виходу (рис. 3.4), які графічно відображають попарний вплив факторів (інші фактори знаходяться на нульовому рівні) на якість обробітку чизельним агрегатом.

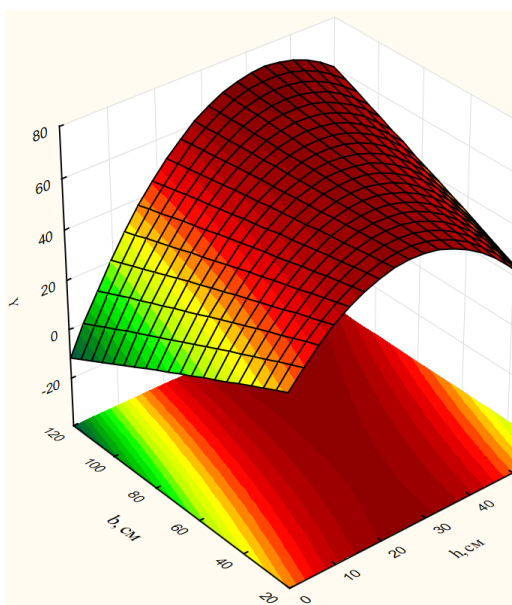
Аналіз результатів, представлених у вигляді рівняння регресії та поверхонь відгуку (рис. 3.4) дозволяє констатувати – найбільш вагомий вплив на процес формування необхідного агрегатного стану ґрунту здійснюють глибина обробітку h , глибина встановлення крил h_k та робоча швидкість переміщення агрегату V . Крім того, досить суттєво на процес впливають і попарна зміна глибини обробітку h з відстанню між лапами по ширині b та парна зміна глибини обробітку h з глибиною встановлення крил h_k .



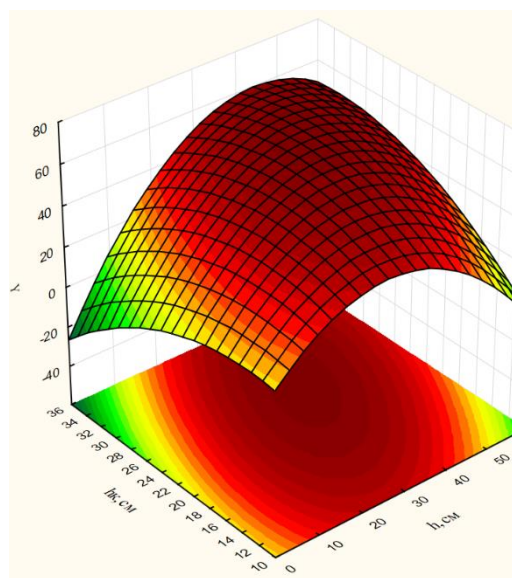
$$Y = f(x_1 x_2)$$



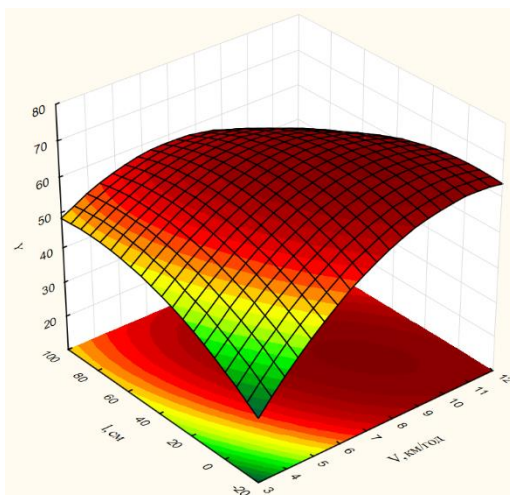
$$Y = f(x_1 x_3)$$



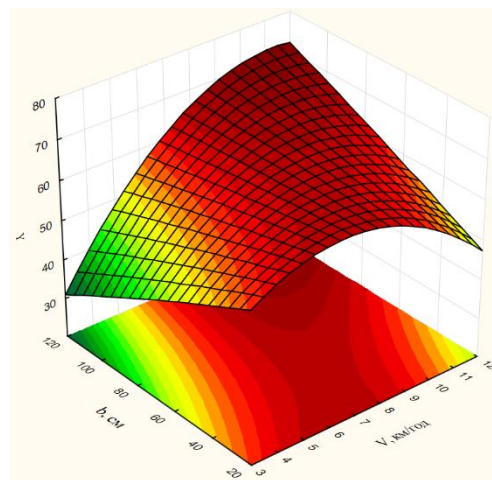
$$Y = f(x_1 x_4)$$



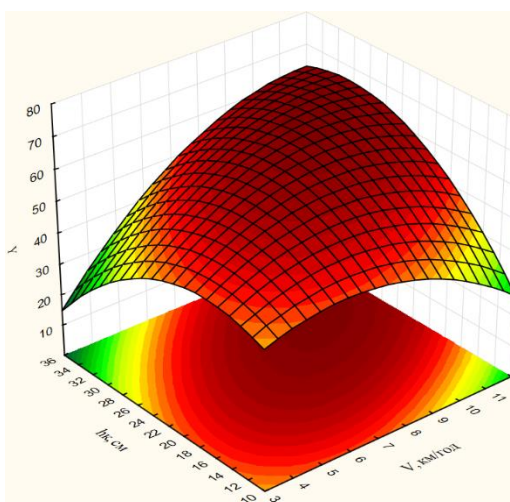
$$Y = f(x_1 x_5)$$



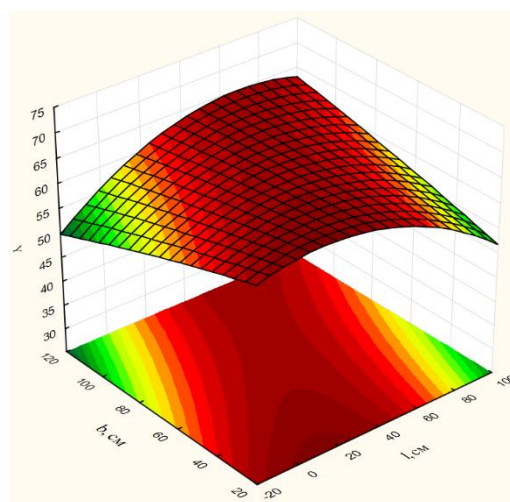
$$Y = f(x_2x_3)$$



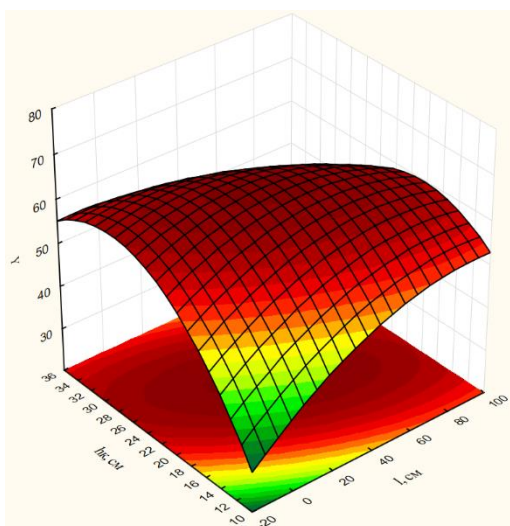
$$Y = f(x_2x_4)$$



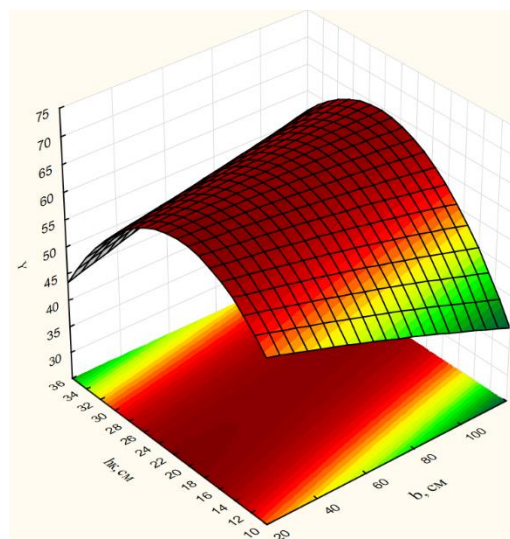
$$Y = f(x_2x_5)$$



$$Y = f(x_3x_4)$$



$$Y = f(x_3x_5)$$



$$Y = f(x_4x_5)$$

Рисунок 3.4 – Поверхні відгуку та лінії рівного виходу

Отримані дані є логічними і підтверджують інші наукові дослідження ґрунтообробної техніки, особливо стосовно впливу на ступінь подрібнення ґрунтових часток глибини обробітку та швидкості руху агрегату. Рекомендовані раціональні величини даних чинників знаходяться в межах: глибина $h = 28 - 42$ см; $V = 9 - 9,8$ км/год.

Глибина встановлення крил h_k виявляє найбільший вплив на формування профілю дна борозни, тобто висоту гребеня, який утворюється між суміжними лапами, і хоча й викликає додаткові енерговитрати, проте при більш детальному аналізі його квадратичної взаємодії та при парному впливі з глибиною обробітку здійснює досить суттєвий вплив і на якість подрібнення ґрунтових агрегатів. Раціональні значення даного фактора знаходяться в межах $h_k = 20 - 26$ см та вибираються залежно від глибини обробітку.

Відстань між лапами по ширині захвату b згідно отриманих даних як самостійний елемент не чинить суттєвого впливу на якість кришення, але в поєднанні з іншими факторами, зокрема глибиною обробітку виявляє досить суттєвий вплив. Найбільш відчутна його дія – чим більша відстань, тим більші габаритні розміри і, відповідно, металоємність агрегату. Крім того, при розташуванні лап у два ряди при зростанні відстані по ширині зростають і енергетичні витрати, що пов'язано з нівелюванням ефекту попереднього зрушення ґрунту лапами переднього ряду. Безсумнівна роли відстані між лапами по ширині на формування зон деформації і висоти гребенів. Рекомендовані наступний діапазон встановлення даного параметру – $b = 60 - 80$ см.

Натомість при виборі відстані між рядами чизельних лап l необхідно керуватись конструктивними міркуваннями та умовами, які б унеможливили забивання лап рослинними рештками. Враховуючи несуттєвий вплив на якість кришення можна рекомендувати доволі широкий діапазон зміни даного параметра в межах $l = 40 - 100$ см.

					ЧЗ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Висновки

Базуючись на розробленій конструкції чизельного знаряддя було виготовлено експериментальний зразок, який випробувано на важких і середньосуглинкових ґрунтах. Для дослідження якості розпушування ґрунту розробленим чизелем було виконано планування повнофакторного експерименту. За якісний показник прийнято загальновизнаний показник – коефіцієнт кришення ґрунту, який відображає структурний стан ґрунту.

Проведені попередні дослідження дозволили встановити найбільш впливові фактори на якісний показник. Було проведено серію дослідів, результати яких дозволили отримати математичну модель процесу кришення.

Аналіз отриманих результатів досліджень дозволив встановити, що запропонована конструкція чизельного агрегата дозволяє досягти величини показника кришення ґрунту на рівні 70-75 % при роботі агрегату зі швидкістю 9-9,8 км/год, глибина обробітку при цьому повинна становити 38-40 см, бокові крила необхідно встановити на глибину 25 см, а відстань між чизельними лапами по ширину повинна складати 80 см.

Вказаний якісний показник роботи запропонованого знаряддя дозволяє конкурувати йому з визнаними аналогічними ґрунтообробними машинами, в тому числі і закордонного виробництва, зокрема Artiglio S 250-500 «Gaspardo» у якого на важких ґрунтах $k = 55 - 60 \%$, а також Cenius 400/18 «AMAZONE» $k = 60 - 65 \%$ [6-16].

					ЧЗ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

Заходи із забезпечення безпечних умов праці на розробленій машині.

Відповідно до умови забезпечення стійкості і керування агрегатом у повздовжньому напрямку на тракторі повинен бути передбачений кронштейн для закріплення вантажів, вага яких відповідає розрахунковій. Для роботи на схилах конструкцією забезпечена можливість поперечної стійкості до перекидання для трактора з агрегатом не менше 10^0 .

Грунтообробне знаряддя у відчепленому стані здатне зберігати стійкість при застосуванні зусиль більше 200 Н. Можливість транспортування агрегату по дорогах загального призначення в темний час доби забезпечена наявністю світловідбивачів: позаду червоного кольору, попереду – білого, позаду з лівої сторони нанесено знак, регламентуючий обмеження максимальної швидкості згідно ПДР.

Конструкцією чизеля забезпечена можливість приєднання до трактора одним оператором. Зусилля, які прикладаються до гвинтів регулювання глибини обробітку не перевищує 200 Н. Загальне число робочих рухів оператора на хвилину при регулюванні та заправці не перевищує 25.

Елементи конструкції чизельного агрегату не обмежують оператору огляд з робочого місця за об'єктами постійного спостереження. Робочі органи, які не мають жорсткого кріплення, при транспортуванні стопоряться механічними фіксаторами.

Розроблений агрегат відповідає вимогам пожежної безпеки згідно Державним стандартам, нормам і правилам пожежної безпеки.

Первинні засоби пожежогасіння встановлені в кабіні трактора. Місця для встановлення первинних засобів пожежогасіння легкодоступні і забезпечують їх знімання без використання додаткових пристроїв. Час на знімання не повинен перевищувати 8 с.

					ЧЗ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ док.ум.	Підп.	Дата		

5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Як показали розрахунки і експериментальні дані розроблена конструкція чизельного агрегата відрізняються відносно невеликою металоємністю, надійністю та забезпечує необхідну якість кришення ґрунту порівняно з аналогами. Застосована в агрегаті конструкція спареного котка, передній з яких є ребристо-трубчастим, а задній ребристо-планчастим дозволяють забезпечити отримання вирівняної поверхні ґрунту та скоротити кількість подальших операцій підготовки ґрунту.

Наведені конструктивні особливості надають змогу працювати з максимальною експлуатаційною продуктивністю для таких операцій, зменшити витрати часу на ТО за рахунок мінімальної кількості елементів, які потребують постійного догляду і контролю.

Наведемо порівняльну оцінку техніко-економічного рівня розробленого агрегата відносно прототипу (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 – Техніко-економічна оцінка агрегатів

№ п/п	Показники	Один. вимір.	Умовні позн.	Машина	
				прототип	розроблена
1	Необхідна потужність трактору, к.с.			від 150	від 120
2	Робоча ширина захвату	м		3,5	3,0
3	Глибина обробітку	см		50	45
4	Кількість чизельних лап	шт		7	
5	Оптова ціна машини	грн.	C_{on}	342000	275000
6	Маса машини	кг	M	1700	1624
7	Продуктивність машини за 1 годину чистого часу	га/год	$P_{\text{ч}}$	2,8	2,5
8	Коефіцієнти використання часу зміни: - робочого експлуатаційного		$K_{\text{вр}}$ $K_{\text{ек}}$	0,82 0,76	0,88 0,82

6. ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В роботі було проведено аналіз перспективних напрямків розвитку техніки для основного обробітку ґрунту. Так виявлено, що сучасні системи землеробства потребують вирішення ряду питань ґрунтообробки, а саме – розробки універсальних глибокорозпушувачів для безвідвального рихлення, здатних забезпечити збереження родючості ґрунтів шляхом зменшення процесів їх обезструктурування, а також традиційно – зменшення енергетичних витрат на виконання основного обробітку, відповідно зменшення ваги енергетичного засобу, що сприятиме зменшенню ущільнення ґрунтового середовища.

При вивченні питання роботи глибокорозпушувачів було виявлено, що вони мають доволі низьку адаптивність до ґрунтово-кліматичних умов різних регіонів України, виробниками пропонується досить різноманітний набір як основних, так і допоміжних робочих органів, які можна застосовувати відповідно до типу і стану ґрунту. Це потребує як додаткових матеріальних витрат споживачів цієї техніки, так і збільшення трудомісткості на підготовку агрегату до роботи. Дана ситуація ставить актуальним питання удосконалення чи розробки нової конструкції чизельного агрегата, який би забезпечив належну якість процесу обробітку ґрунту при мінімальних витратах.

Проведений аналіз найбільш популярних конструкцій глибокорозпушувачів і їх робочих органів дозволив встановити, що найбільш широкого розповсюдження набули комбіновані агрегати, які дозволяють не лише виконати безполицевий основний обробіток ґрунту, а й забезпечують вирівнювання поверхні поля котками різноманітної конструкції. Базуючись на найбільш оптимальній конструкції серійно випускаемого чизельного агрегата нами запропоновано конструкцію комбінованого чизельного агрегата робочої шириною захвату 3,0 м, продуктивністю за 1 годину основного часу складає 2,5 га/год при робочій швидкості переміщення 8...10 км/год.

В інженерній частині для розробленого агрегату проведено відповідні розрахунки його конструктивних параметрів та режимів роботи, виконано

					ЧЗ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

силовий і енергетичний аналіз, а також розрахунки на міцність складових частин, що забезпечує раціональні значення металомісткості, енергоємності і собівартості його виготовлення при дотриманні вимог надійності та якості виконання роботи.

В науковій частині було проведено серію експериментальних досліджень, які дозволили встановити діапазон раціональних значень параметрів і режимів роботи розробленого агрегата. Так, умова якості кришення ґрунту на рівні $k = 70 - 75\%$ забезпечується за наступних раціональних значень процесу:

- глибина обробітку $h = 38 - 40$ см;
- робоча швидкість руху агрегату $V = 9 - 9,8$ км/год;
- бічні деформатори – крила встановлюються на глибині (для раціональної глибини обробітку 40 см) $h_k = 25$ см;
- відстань між чизельними лапами по ширині $b = 80 - 100$ см;
- відстань між рядами чизельних лап $l = 40 - 100$ см.

У розділі з охорони праці наведено заходи, що застосовані на агрегаті для забезпечення безпечної роботи при його експлуатації. Розроблена конструкція комбінованого чизельного агрегату відповідає вимогам безпеки відповідно до нормативно-правових вимог з охорони праці та безпечної експлуатації сільськогосподарської техніки.

У економічній частині наведено техніко-економічне порівняння розробленого агрегату відносно аналога, який виступив прототипом для розробки. Запропонована конструкція відзначається меншими показниками металомісткості та енергоємності, а також має кращі питомі показники продуктивності, що дозволяє констатувати її конкурентну перевагу.

					ЧЗ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Скоцик В.Є. Оранка, мінімальний обробіток чи ноутіл? (точка зору науковців НАУ та спеціалістів АМАКО) / В.Є.Скоцик, С.П. Танчик, С.М. Бовсуновський // АМАКО ІНФОРМ Інформаційно науково-технічне видання. – 2008. – Вип. 1/2008. – С. 12-15.
2. Стан і перспективи розвитку комбінованих агрегатів / М.І. Ролдугін, Є.С. Михайловський // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. – Кіровоград, 2013. – вип. 43. – част. II. – С. 237-240.
3. Сільськогосподарські і меліоративні машини: Навчальний посібник / Кошук О. Б., Лузан П. Г., Мося І. А., Герлянд Т. М., Романов Л. А. – К. : ІПТО НАПН України, 2015. – 291 с.
4. Leschenko S. Experimental estimate of the efficiency of basic tilling by chisel equipment in the conditions of soil / Sergey Leschenko, Vasil Salo, Dmitry Petrenko. // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. – Кіровоград, 2014. – Вип. 44 – С. 237-243.
5. Машини для обробітку ґрунту та внесення добрив. Навчальний посібник для студентів агротехнічних спеціальностей / Сало В.М., Лещенко С.М., Лузан П.Г., Мачок Ю.В., Богатирьов Д.В. – Х.: Мачулін, 2016. – 244 с.
6. Ajit K. Srivastava, Carroll E. Goering, Roger P. Rohrbach, Dennis R. Buckmaster. (2006). Engineering Principles of Agricultural Machines.
7. Машини для обробітку ґрунту та сівби: навч. посіб. / за ред. В.І. Кравчука, Ю.Ф. Мельника. – Дослідницьке: УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2009. – 288 с.
8. Глибкорозпушувачі. Каталог продукції Компанії “DEMETRA”. URL: <https://demetra-site.com.ua/catalog/glibkoro-zpushuvachi>.
9. Глибкорозпушувачі. Каталог продукції ТОВ НВП “БІЛОЦЕРКІВМАЗ”. URL: https://www.bcmaz.com.ua/catalog/glybokorykhliteli_gr_dgr/.
10. Чизель глибкорозпушувач. Каталог продукції «БМ-Сістемс». URL: <https://www.agrobm.com/chyzeli-glybokoro-zpushuvachi>.

					ЧЗ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	N докум.	Підп.	Дата		

- 11.Вертикальний обробіток. Каталог продукції Great Plains. URL: <https://www.greatplainsag.com/uk/implements/ukraine/vertical-tillage>.
- 12.Борони диско-чизельні БДВП. Каталог продукції ТОВ “АГРОМАШ” КРАСНЯНСЬКЕ СП. URL: <https://krasnagromash.vn.ua/equipment/borony-dysko-chyzelni-obrobitok-gruntu-chyzelyamy-do-40sm-dyskamy-do-25sm/borony-dysko-1>.
- 13.Глибокорозпушувачі серії DEEP. Каталог продукції RAVARDI. URL: <https://www.ravardi.com/index.php/uk/hlybokorozpushuvachi>.
- 14.Глибокорозпушувач «DELTA». Каталог продукції компанії Hatzenbichler. URL: <https://www.hatzenbichler.com/en/subsoiler-delta>.
15. Глибокорозпушувачі. Каталог виробника Maschio Gaspardo. URL: <https://www.maschiogaspardo.com/en/web/international>.
- 16.Глибокорозпушувачі. Каталог виробника Gregoire Besson. URL: <https://www.gregoire-besson.com/ua/machines/helios>.
17. Експериментальна оцінка якості роботи комбінованого чизеля з додатковими горизонтальними та вертикальними деформаторами / С.М. Лещенко, В.М. Сало, Д.І. Петренко. – Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. –№ 156 (2015). – С. 25-34.
18. Лещенко С.М., Сало В.М., Васильковський О.М., Петренко Д.І. Визначення параметрів та ефективність роботи додаткових робочих органів глибокорозпушувачів. // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. – Кропивницький: ЦНТУ. Вип. 52. 2022. С. 108-117.
19. Основи наукових досліджень. Перші наукові кроки: Навч. посіб. для студ. агротехн. спец. / О.М. Васильковський, С.М. Лещенко, К.В. Васильковська, Д.І. Петренко. – Харків: Мачулін, 2019.
20. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин: У 2 т. – Т. 1 (частина 1). Машини та знаряддя для обробітку ґрунту. – Харків: ОКО, 2001. – 443 с.
21. Експлуатація машин і обладнання: Навчальний посібник / Ружицький М.А., Рябець В.І., Кіяшко В.М. та ін. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 617 с.

					ЧЗ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

22. Ветохін В.І. Системні та фізико-хімічні основи проектування розпушувачів ґрунту: :Автореф. дис. на здобуття ступеня канд. тех. наук: 05.05.11 “Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва” / В.І. Ветохін. Глеваха, -2010. С. 12-15.
23. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку: Навчальний посібник / За ред. Д.Г. Войтюк, С.С. Яцун, Довжик М.Я. // Суми. Університетська книга – 2008. – 450 С.
24. Лещенко С.М., Сало В.М., Петренко Д.І. Оцінка ефективності глибокого безполицевого обробітку ґрунту // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. – Кропивницький: ЦНТУ. Вип. 50. 2020. С. 3-11.
25. Охорона праці у сільському господарстві. – ТОВ «ТЕХ МЕДІА ГРУП», 2019 р.

					ЧЗ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

ДОДАТКИ

					ЧЗ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Перв. примен.		Справ. №		Подп. и дата		Инв. № акт		Взам. инв. №		Подп. и дата		Инв. № подл.	
Формат	Зона	Поз.	Обозначение			Наименование			Кол.	Примечание			
						Документація							
A1			43 00.000 СК			Складальне креслення			1				
						Складальні одиниці							
		1	43 00.010			Рама			1				
		2	43 00.020			Опорне колесо			2				
		3	43 00.030			Лапа			7				
A1		4	43 00.040			Коток ребристо-трубчастий			1				
A1		5	43 00.050			Коток ребристо-планчастий			1				
		6	43 00.060			Навіска верхня			1				
		7	43 00.070			Кронштейн			2				
		8	43 00.080			Кронштейн котків			2				
		9	43 00.090			Щока котків			2				

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Деталі		
		23	43 00.000.623	Вісь	2	
		24	43 00.000.624	Вісь	2	
		26	43 00.000.626	Вісь	2	
		28	43 00.000.628	Вісь	2	
				Стандартні вироби		
				Болти ГОСТ 7805-70		
		13		M20-6g×12.66.019	37	
		17		M16-6g×12.66.019	7	
				Гайки ГОСТ 5927-70		
		11		M22-7H.019	8	
		14		M20-7H.019	39	
		18		M16-7H.019	7	
		21		M24-7H.019	4	
				Шайби ГОСТ 6402-70		
		12		22.65Г.019	8	
		15		20.65Г.019	39	
		19		16.65Г.019	7	
		22		24.65Г.019	4	
				Шайби ГОСТ 11371-78		
		16		2.20.01.08кп	37	
		20		2.16.01.08кп	7	
		25		Шплінт 5 Ч 28 ГОСТ 397-79	2	
		27		Шплінт 7 Ч 32 ГОСТ 397-79	2	
Инв. № подл.			43 00.000			Лист
						2
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Справ. №	A1			ЧГР 00.040 СК	Складальне креслення	1		
					Документація			
					Деталі			
	A3	1		ЧГР 00.040.401	Диск маточину	2		
		2		ЧГР 00.040.402	Диск проміжний	4		
	A3	3		ЧГР 00.040.403	Диск основний	1		
		4		ЧГР 00.040.804	Труба	18		
	A3	5		ЧГР 00.040.605	Маточина	2		
		6		ЧГР 00.040.406	Шайба	2		
		7			Стандартні вироби Болт М14-6d×12.66.019 ГОСТ 7805-70	4		
Подп. и дата			8		Гайка М14-7Н.019 ГОСТ 5927-70	4		
			9		Шайба 14.65Г.019 ГОСТ 6402-70	4		
			10		Шайба 2.14.01.08кп ГОСТ 11371-78	4		
	43 00.040							
	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
	Разраб.	Качур				Лит.	Лист	Листов
	Пров.	Петренко						
	Н.контр.	Мачок				ЦНТУ, гр. ГМ-22М-1.2		
	Утв.	Лещенко						
	Инд. № подл.	Коток ребристо-трубчастий						

Копировал

Формат А4

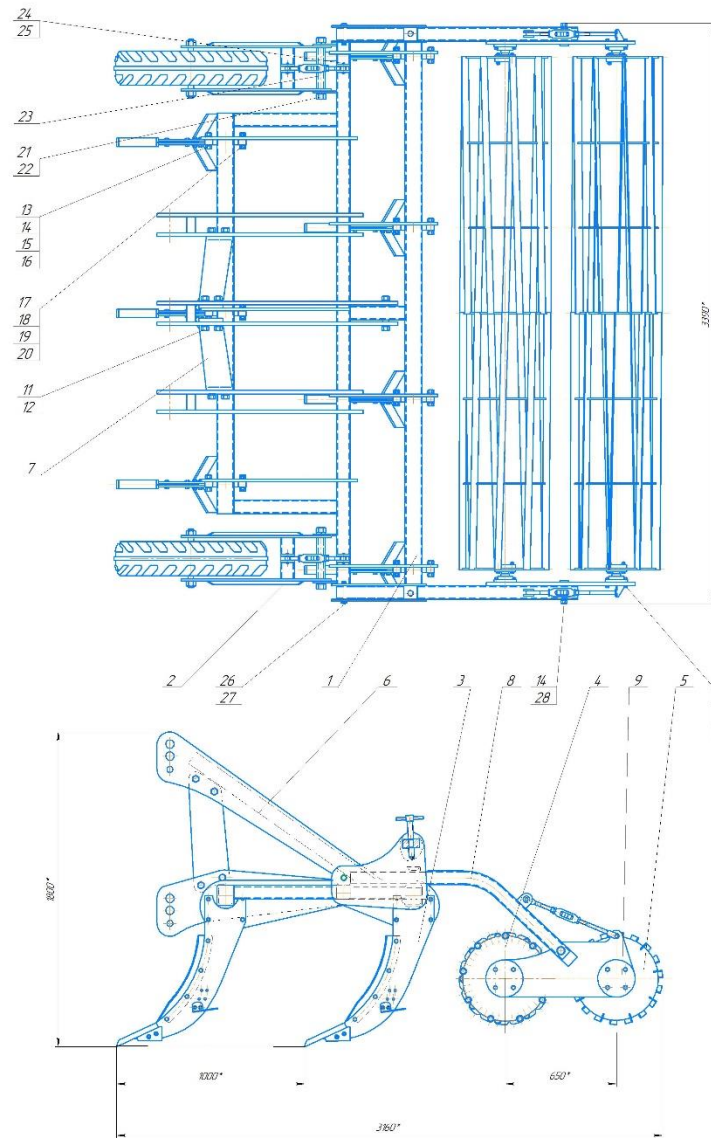
Формат		Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
					Документація		
A1				43 00.050 СК	Складальне креслення	1	
					Деталі		
A3		1		43 00.050.401	Диск маточини	2	
		2		43 00.050.402	Диск проміжний	4	
A3		3		43 00.050.403	Диск основний	1	
		4		43 00.050.404	Планка	18	
		5		43 00.050.305	Маточина	2	
		6		43 00.050.406	Шайба	2	
		7			Стандартні вироби Болт М14-6d×12.66.019 ГОСТ 7805-70	4	
		8			Гайка М14-7Н.019 ГОСТ 5927-70	4	
		9			Шайба 14.65Г.019 ГОСТ 6402-70	4	
		10			Шайба 2.14.01.08кп ГОСТ 11371-78	4	
				43 00.050			
Ізм. / Лист		№ докум.		Підп.	Дата		
Разроб. Пров.		Качур Петренко					
Н.контр. Утв.		Мачок Лещенко					
Коток ребристо-планчастий						ЦНТУ, гр. ГМ-22М-12	

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за другим (магістерським) рівнем вищої освіти
на тему:

«Удосконалення чизельного
ґрунторозпушувача з обґрунтуванням
параметрів котків»

Виконав здобувач вищої освіти
групи ГМ-22М-1.2
Качур Віталій Валентинович

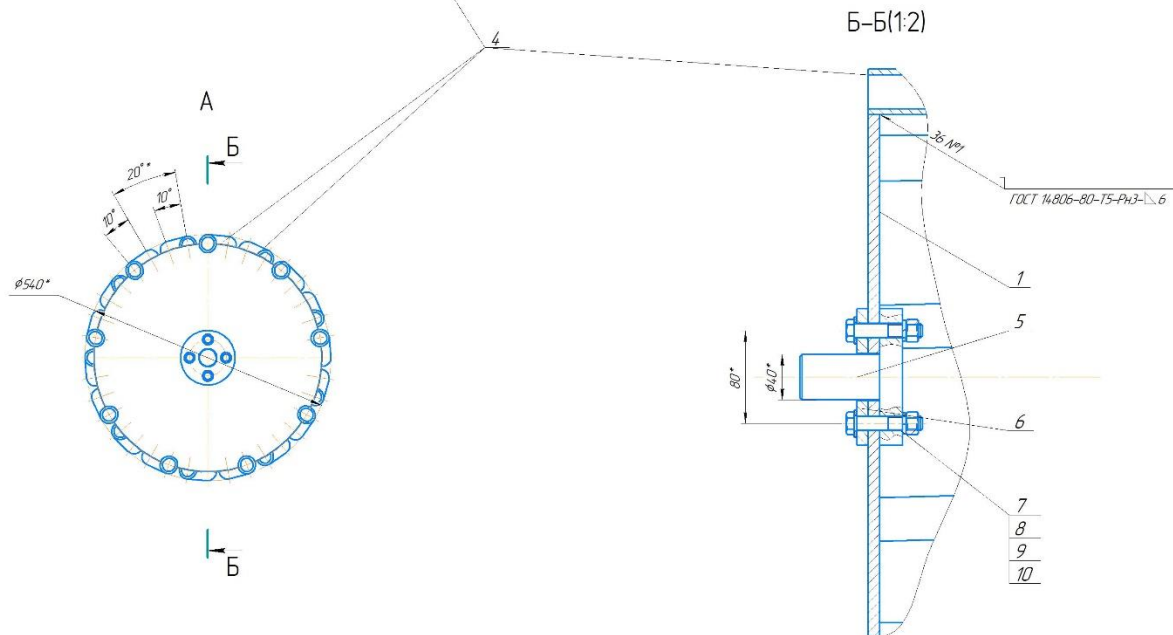
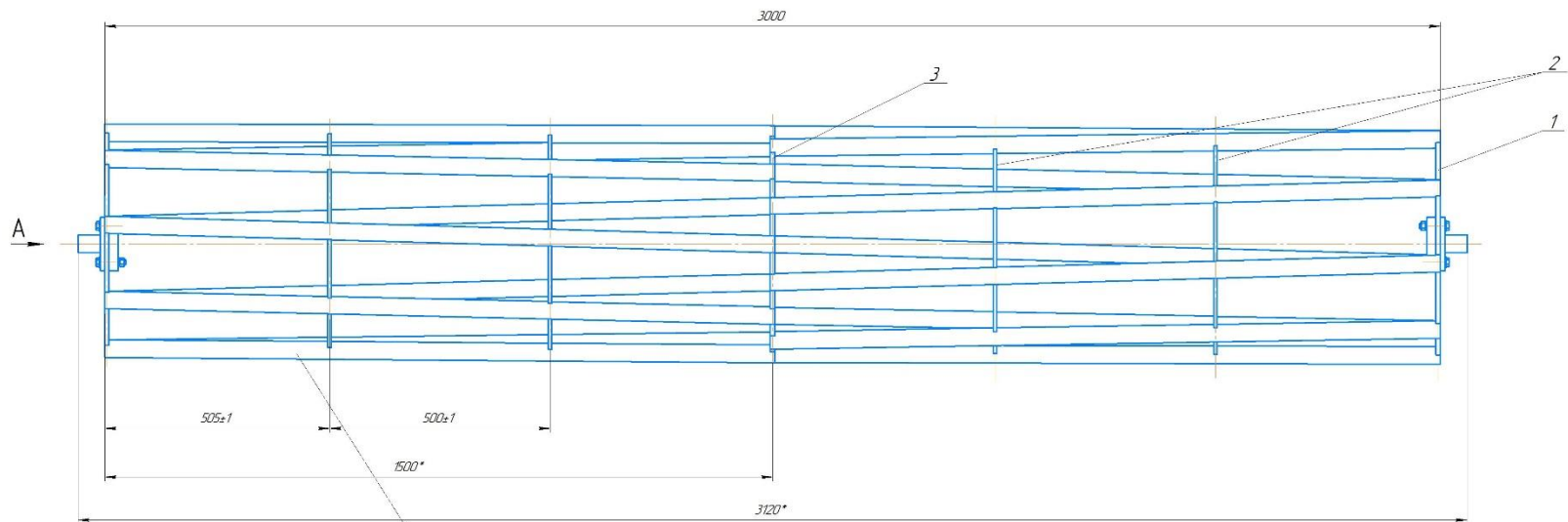
Керівник проекту
доц. Дмитро ПЕТРЕНКО



1. Валы в разрезе 2. Отказки на доступности
 2. Плотность и прочность материала
 3. * Разрезы для сборки

43.00.000 СК			
Исполн.	М.И.Иванов	Дата	2024
Провер.	С.И.Петров	Дата	2024
Деталь	Чисельный агрегат	Лист	1 из 1
Издание	1	Дата	2024
Деталь	Чисельный агрегат	Лист	1 из 1
Издание	1	Дата	2024

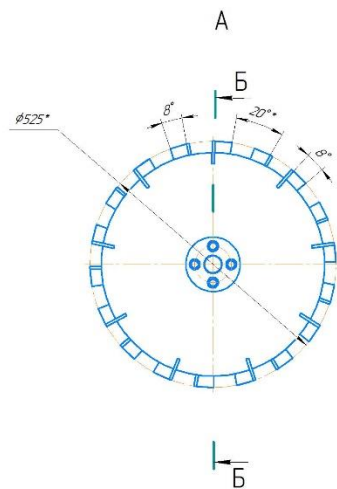
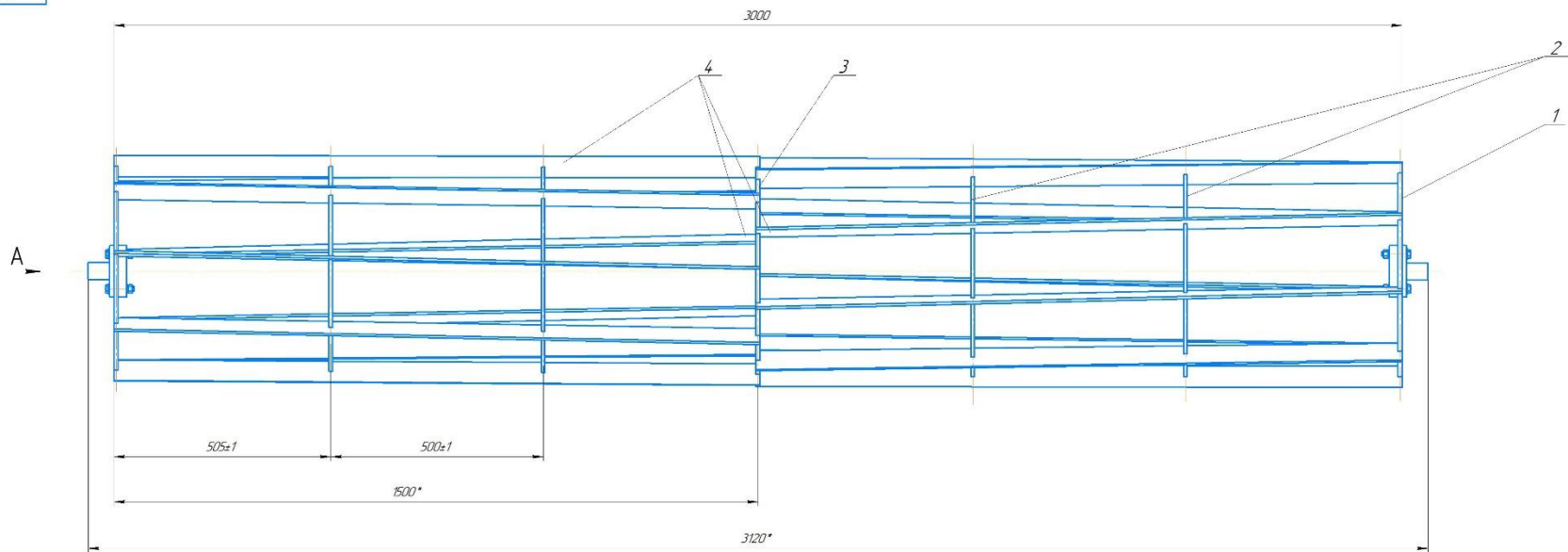
43 00.040 СК



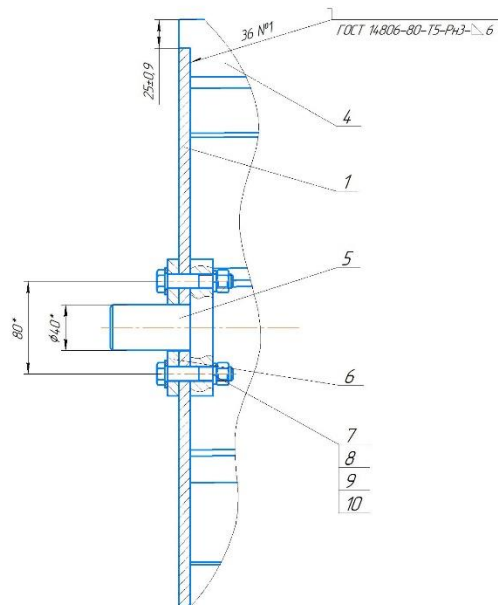
- 1 По дошкин шва не допускаться больше ніж в трёх місцях зазоры больше 0,2 мм, дошкин больше 10 мм.
- 2 Зазори в разьдах з'єднань не допускаться.
- 3 Після складання правести балансування.
- 4 Неказані граничні відхилення розмірів Н14, н14, ±Т14/2.
- 5 *Розміри для доділок.

				43 00.040 СК		
Вид	Вид	Вид	Вид	Котак редристу- трубчастий		
Розроб	Вироб	Лист	Вит			
Лист	Вит	Лист	Вит	ЦНТЧ		
				ар. 174-224-12		
				Формат А1		

43 00.050 СК



Б-Б(1:2)



- 1 По длине шва не допускается больше, чем в трех местах зазоры больше 0,2 мм, допустимо больше 10 мм.
- 2 Зазоры в разводах 3° еднаниях не допускаются.
- 3 После складывания провести балансировку.
- 4 Неказаны граничные відхилення розмірів Н14, н14, ±Т14/2.
- 5 *Размеры для добавок.

				43 00.050 СК			
Вид	Вид	№ докум.	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Рисов.	Исход.	Исход.	Исход.	Исход.	Исход.	Исход.	Исход.
Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Исход.	Исход.	Исход.	Исход.	Исход.	Исход.	Исход.	Исход.
Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
				Коток редуктор-планчатый			
				Лит. Масса Количество			
				212 15			
				Лит. Листов 1			
				ЦНТЗ			
				ар. 174-224-12			
				Котурдан			
				Формат А1			

Мета дослідження – розробка конструкції універсального чизеля, адаптованого до ґрунтово-кліматичних умов України та експериментальна перевірка ефективності його роботи.

Умови проведення дослідів:

1. Місце проведення – Новоукраїнський район Кіровоградської області;
2. Час проведення – на протязі серпня-жовтня;
3. Механічний склад ґрунту – важкий і середній суглинок;
4. Твердість ґрунту складала: глибина 0-10 см – 20-25 кг/см²; 10-20 см – 35-50 кг/см²; 20-30 см – 60-85 кг/см².

За показник оцінки ефективності роботи чизеля прийнято коефіцієнт якості кришення ґрунту, який визначається як:

$$k = \frac{m_{\leq 50}}{m_{\Sigma}} \cdot 100\%$$

де m_{50} – маса агрегатів ґрунту розміром менше 50 мм, кг;

m_{Σ} – загальна маса навіски, кг.

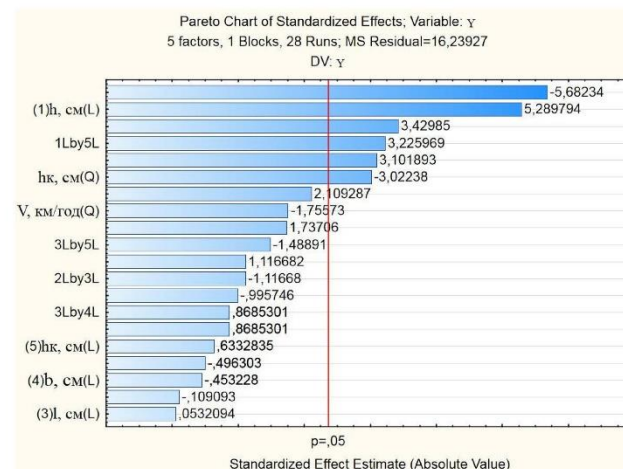
Рівні варіювання факторів експериментальних досліджень

№ п/п	Фактори		Рівні варіювання		Інтервал варіювання
	Найменування	Позначення	Верхній (+)	Нижній (-)	
1	Глибина обробітку, h , см.	x_1	45	20	12,5
2	Швидкість агрегата, V , км/год	x_2	9,2	5,6	1,8
3	Відстань між рядами робочих органів, l , см	x_3	100	40	30
4	Відстань між робочими органами в ряду, b , см	x_4	80	40	20
5	Глибина встановлення крил, h_k , см.	x_5	26	18	4

[illegible]

Проведені експериментальні дослідження та обробка даних дозволили отримати статистичну математичну модель у вигляді рівняння регресії для визначення якості роботи комбінованого чизеля:

$$Y = 63,22 + 4,24x_1 + 2,71x_2 + 0,038x_3 - 0,412x_4 + 0,387x_5 - \\ - 3,823x_1^2 - 1,401x_2^2 - 0,69x_3^2 - 0,081x_4^2 - 1,935x_5^2 + \\ + 0,91x_1x_2 - 0,495x_1x_3 + 3,215x_1x_4 + 2,98x_1x_5 - 1,215x_2x_3 + \\ + 2,05x_2x_4 + 2,15x_2x_5 + 0,861x_3x_4 - 1,389x_3x_5 + 1,235x_4x_5$$



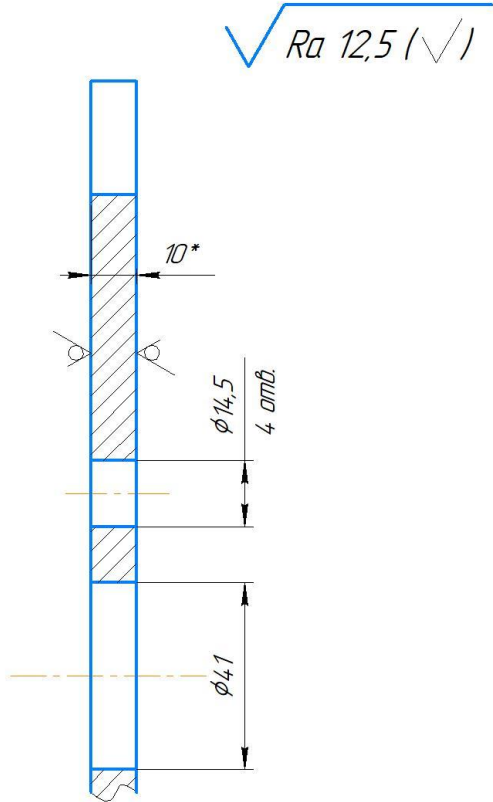
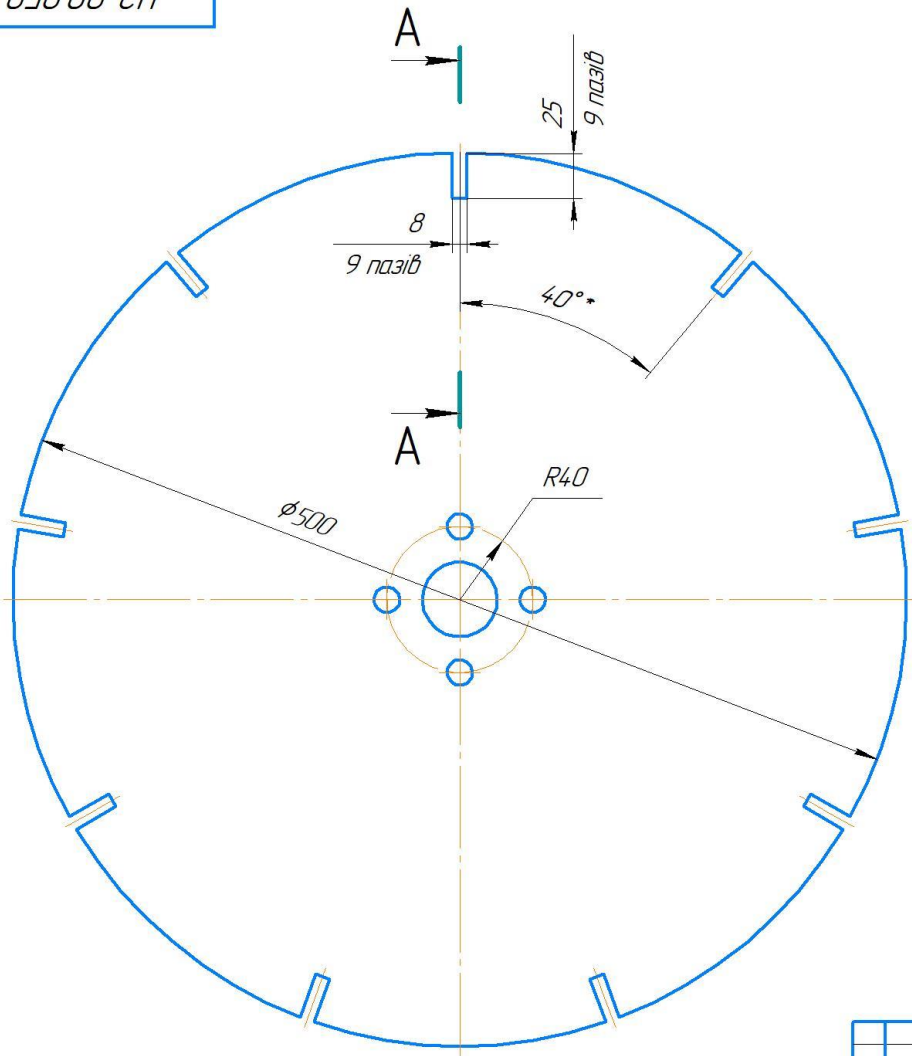
Межа статистичного значення коефіцієнту математичного чекання
(стандартизована Парето-карта)

Область раціональних значень параметрів і режимів роботи комбінованого чизеля, при яких спостерігаються підвищення якісних показників роботи (коефіцієнт якості кришення ґрунту $k=70-75\%$):

- глибина обробітку $h=38-40$ см;
- швидкість руху агрегата $V=9-9,8$ км/год;
- глибина встановлення крил $h_k=25$ см (при глибині обробітку 40 см);
- відстань між робочими органами по ширині захвату $b=80-100$ см;
- відстань між рядами чизельних лап $l=40-100$ см.

						43 00.002 НЧ		
						Результати досліджень		
						Акт	Висновок	Додаток
							-	-
						Акт	Додаток	
							ІНТІЗ пр 175-224-12	
							Додаток	
						-		
						-		

Перш. примеч.	43 00.050.401		
Стр. №			
Підп. і дата			
Інв. № докл.			
Взам. інв. №			
Підп. і дата			
Інв. № підп.			



1. Гострі краї притупити.
2. Невказані граничні відхилення розмірів $\pm IT17/2$.
3. *Розміри для довідок.

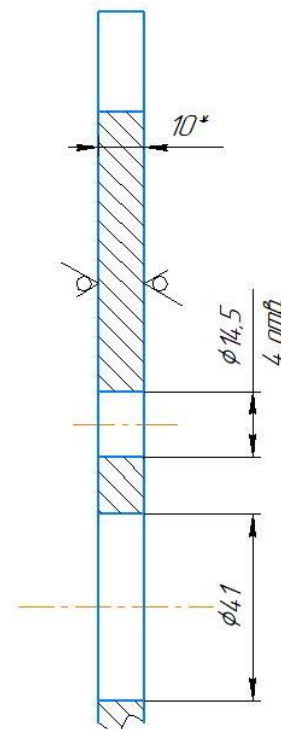
				43 00.050.401		
Взам. лист	№ док.м.	Підп.	Дата	Диск маточини		
Разроб.	Качур					
Проб.	Петренко					
Т.контр.						
Н.контр.	Мачок			10 ГОСТ 19903-88 Лист 5 ГОСТ 1050-88		
Утв.	Лещенко					
				Лист	Масса	Масштаб
				1	10,2	1:2,5
				Лист	Листов	1
				ЦНТУ, гр. ГМ-22М-12		

Копировал

Формат А3

Инв. № подл.

$Ra\ 12,5\ (\checkmark)$



1. Гострі краї притупити.
2. Невказані граничні відхилення розмірів $\pm T/17/2$.
3. *Розміри для довідок.

						43 00.040.401			
							Лит.	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ док-м.	Подп.	Дата	Диск маточины			8,5	125
Разраб.		Качур							
Проб.		Петренко							
Т.контр.									
						Лист	Листов		1
Н.контр.		Мачок			Лист $\frac{10 \text{ ГОСТ } 19903-88}{5 \text{ ГОСТ } 1050-88}$	ЦНТУ			
Удб.		Лещенко				зр. ГМ-22М-12			

Копировал

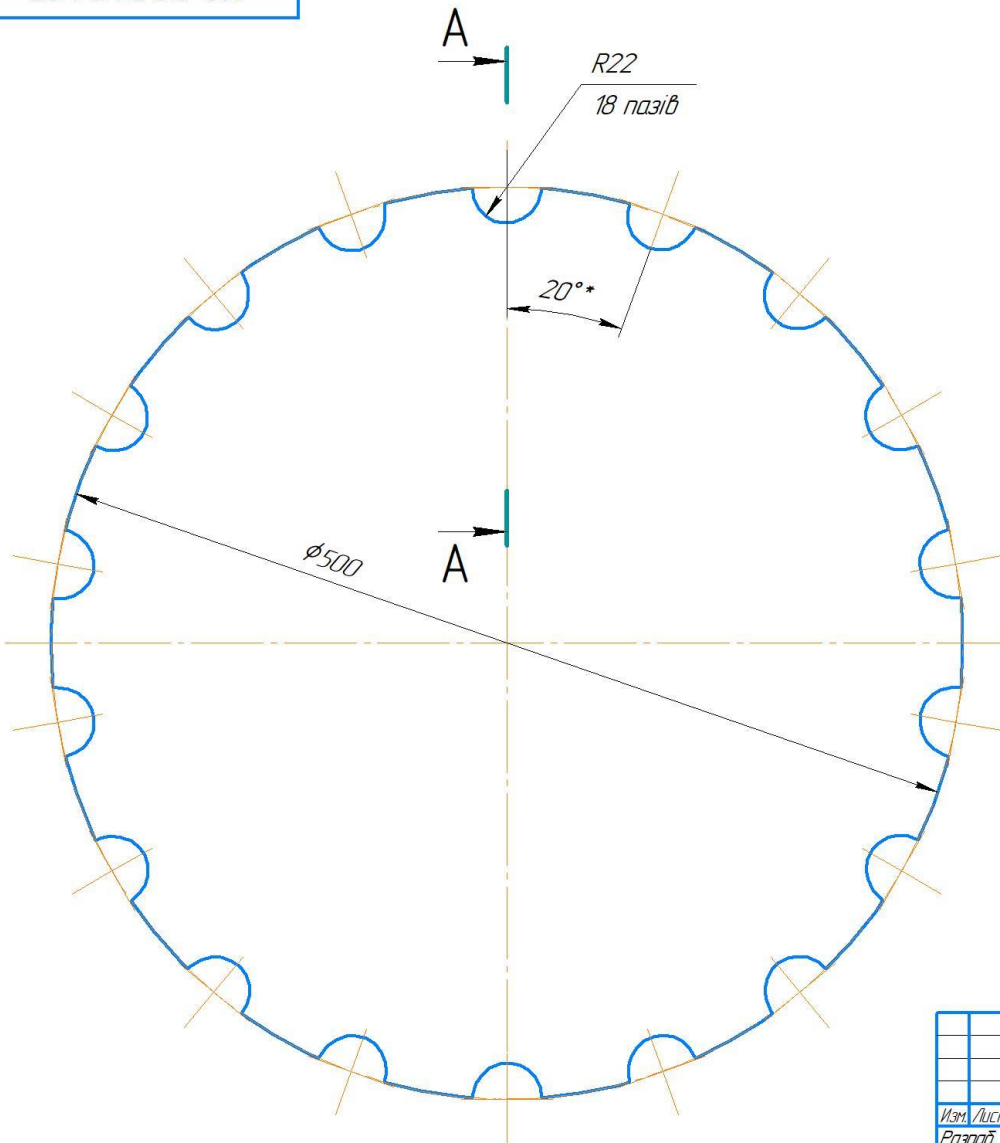
Формат А3

ИНВ. № подл.

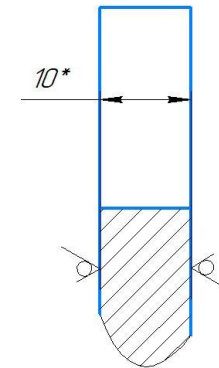
Формат А3

43 00.040.403

✓ Ra 12,5 (✓)



A-A(2:1)



1. Гострі краї притупити.
2. Невказані граничні відхилення розмірів $\pm IT17/2$.
3. *Розміри для довідок.

				43 00.040.403		
Взм. / Лист	№ док.м.	Підп.	Дата	Диск основний		
Розроб.	Качур					
Проб.	Петренко			Лист 10 ГОСТ 19903-88 5 ГОСТ 1050-88		
Т.контр.						
Н.контр.	Мачок			ЦНТУ, гр. ГМ-22М-12		
Утв.	Лещенко					
				Лист	Масса	Масштаб
				Лист	7,9	1:2,5
				Листов	1	

Копіював

Формат А3

Перш. примеч.

Стр. №

Підп. і дата

Лист № змін

Взам. утв. №

Підп. і дата

Лист № змін