

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

01.01 – КМР. 1943 “С” 2022.12.30. 034 ПЗ

КАСЯНЧУКА ТАРАС ВІКТОРОВИЧА

2023 р.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко-технологічний факультет

НУБІП України

УДК 631.312

ПОГОДЖЕНО **ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ**

Декан механіко-технологічного
Факультету

НУБІП України

В.В. Братішко
(підпис)

“ ” 2023 р.

Завідувач кафедри

Кафедра сільськогосподарських машин та
системотехніки ім. акад. П.М. Василенка
(назва кафедри)

Гуменюк Ю. Ф.
(ПІБ)
(підпис)

“ ” 2023 р.

НУБІП України

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему: Обґрунтування параметрів удосконаленого корпусу плуга

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

Освітня програма: «Агроінженерія»

Орієнтація освітньої програми: освітньо-професійна

НУБІП України

Гарант освітньої програми:

Доктор технічних наук, професор.

(підпис)

В.В. Братішко

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи:

канд. тех. Наук, доцент
(названий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Курка В.П.
(ПІБ)

Виконав

(підпис)

Касянчук Т.В.

(ПІБ студента)

НУБІП України

КИЇВ – 2023

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ТА ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗАЦІЇ ОБРОБІТКУ ГРУНТУ.....	7
1.1 Обробіток ґрунту сільськогосподарськими ґрунтообробними органами.....	7
1.2 Сучасні конструкції корпусів ґрунтообробних робочих органів.....	11
РОЗДІЛ 2. ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТА КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ УДОСКОНАЛЕНОГО КОРПУСА ПЛУГА.....	17
2.1 Дослідження нестационарних хвильових процесів.....	17
2.2. Розв'язок граничної задачі у зображеннях.....	20
2.3. Обернення інтегральних перетворень. Загальний випадок.....	21
РОЗДІЛ 3. СИЛОВИЙ АНАЛІЗ УДОСКОНАЛЕНОГО ПЛУГА.....	27
3.1 Порівняння та переваги удосконаленого плуга.....	27
РОЗДІЛ 4. Моделювання робочого процесу шляхом прикладення сил.....	35
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	38
5.1 Загальні вимоги.....	38
5.2 Основні вимоги до машин і їх робочих органів.....	40
5.3 Основні вимоги до робочих місць робітників.....	40
5.4 Заходи для уникнення і поведінки під час пожежі.....	42
РОЗДІЛ 6. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ДАНОЇ КОНСТРУКЦІЇ.....	45
ВИСНОВКИ.....	51
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	52

НУБІП України

ВСТУП

НУБІП України

Відомі чотири типи граничних задач теорії пружності: задається вектор напруження (перша крайова задача); задається вектор переміщення (друга крайова задача), задається нормальна складова вектора переміщення й дотичні складові вектора напруження (третя крайова задача); задається нормальна складова вектора напруження й дотичні складові вектора переміщення (четверта крайова задача). Перші два типи умов є основними, а дві останні умови – змішаними. Тип граничних умов може суттєво впливати на можливість отримання аналітичного розв'язку нестационарних задач.

Аналіз взаємодії (вібраційної) корпусу плуга з оброблювальним середовищем (грунтом), по суті, зводиться до дослідження хвильових нестационарних процесів у ізотропному пружному на півпросторі (на півплощині) при дії зосереджених чи розподілених поверхневих впливів. Для розв'язку відповідних крайових задач розроблені ефективні аналітичні й чисельно-аналітичні методи, засновані переважно на використанні інтегральних перетворень Лапласа за часовою координатою і Фур'є (Ханкеля) - за лінійною.

Основні труднощі при цьому виникають при побудові оригіналів, котрі залежать, у першу чергу, від характеру просторово-часового розподілу навантаження на границі, типу граничних умов.

Саме нестационарні хвильові процеси у ізотропному пружному на півпросторі (на півплощині) при дії зосереджених чи розподілених поверхневих впливів були предметом вивчення значної кількості досліджень, бібліографію котрих можна знайти, наприклад, у роботах [1-3, 6, 7, 11].

Дослідження зазвичай концентрується на окремих особливостях розглянутих хвильових процесів: асимптотичній побудові полів переміщень і напружень у околі хвильових фронтів [26-29]; переміщення точок на поверхні на півпросторі і на осі симетрії [16, 26] чи на значній відстані від неї [16]. При цьому для спільного обернення перетворень застосовується техніка Каньяра [9, 13] із

врахуванням однорідності зображення відносно параметрів перетворень. У публікаціях [5, 8, 15, 22-24] подані рішення для переміщення й напруження у

внутрішніх точках на півпростору при дії рівномірно розподіленого

навантаження ступінчастого профілю із використанням методів теорії функції

комплексної змінної при оберненні перетворення Лапласа. У роботі [10, 11]

розрахункові вирази записані як у вигляді суперпозиції аналітичних розв'язків задачі Лемба, так і у вигляді згортки за радіальною координатою функції

розподілу зовнішнього навантаження й відповідного фундаментального

розв'язку. Розглянуті два види розподілу навантаження за просторовою

координатою й обчислені пружні переміщення як результат дії навантаження, що змінюється у часі як дельта-функція. Остання обставина обумовлює розривність

обчислених переміщень, що не узгоджуються з лінійним формулюванням задачі теорії пружності.

Більш складними є задачі з рухомою границею області дії навантаження.

Досліджені переважно випадки рівномірного розширення границі та вивчені переміщення точок або на границі, або поблизу фронтів пружних хвиль [21, 25,

29]. У публікаціях [12, 14, 17, 20] методами інтегральних перетворень дається

розв'язок нестационарної першої крайової задачі теорії пружності для пружної на півплощини. Отримане аналітичне рішення дає можливість визначати

напруження (переміщення) видовження осі симетрії для деяких конкретних видів навантаження. У роботах [18, 19] запропонований чисельно аналітичний

розв'язок першої крайової задачі для на півплощини, де це обмеження зняте.

Пов'язані з ударними процесами постановки й дослідження у межах третьої крайової задачі викладені у оглядовій статті [7, 8].

Об'єкт досліджень: процес взаємодії ґрунтообробного робочого органу з шаром ґрунтом.

Мета даної роботи: полягає у розробці новітнього покращення корпусу плуга задля покращення робочого органу для різних режимів роботи.

Предмет дослідження: зв'язок геометричних та конструктивних параметрів вібраційної стійки, з різними режимами роботами ґрунтообробного робочого органу під час обробітку ґрунту.

Наукова новизна: розроблена нова конструкція стійки вібраційного ґрунтообробного робочого органу, що дає змогу якісніше оброблювати шар ґрунту та дозволяє уникнути налипанню ґрунту на поверхні ґрунтообробного робочого органу, що дозволить працювати з ґрунтообробним робочим органом на різних ґрунтах та змінювати діапазон швидкості, така пропозиція підвищує надійність конструкції, а також експлуатацію, та витрати на паливо, відновлення конструкції та обслуговування ґрунтообробного робочого органу.

Завдання:

1. Провести аналіз існуючих конструкцій плугів;
2. Обґрунтувати конструктивні та геометричні параметри робочого органу плуга в процесі роботи;
3. Провести порівняння переваг удосконаленого плуга;
4. Перевірка конструкції методом кінцевих елементів;
5. Внесення правил по охороні праці ;
6. Проведення економічних розрахунків удосконаленого плуга.

НУБІП України

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ТА ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗАЦІЇ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ.

1.1 Обробіток ґрунту сільськогосподарськими ґрунтообробними органами.

Ґрунт – це верхній пухкий шар гірських чи рівнинних площ, які формуються завдяки впливу кількох чинників – кліматичних особливостей того чи іншого регіону, характеру і віку ґрунту, що виростає на ньому рослинності.

Найбільш цінною характеристикою цього природного освіти виступає родючість, яке забезпечує рослинність вологою і необхідними поживними речовинами.

Родючість ґрунту має велике значення для розвитку рослин та відбивається на їх врожайності. Початково родючі поля є великою перевагою для фермерів, але їх потрібно підтримувати в належному стані, аби уникнути виснаження землі. З цієї причини треба пам'ятати про значення добрив у підвищенні родючості ґрунту, а також життєдіяльності мікроорганізмів та тварин. З іншого боку, правильним коригуванням стану землі можна отримати високі врожаї навіть з початково бідних полів. Знаючи, як зберегти родючість ґрунтів, аграрії можуть досягти максимальної продуктивності сільськогосподарських угідь на довгі роки.

Класифікація ґрунтів за родючістю.

Сільськогосподарські угіддя поділяють за наступними категоріями родючості: потенційна, природна, штучна та ефективна (або дійсна).

Потенційна родючість ґрунту – це наявність поживних речовин в доступній та недоступній формах.

Природна родючість утворюється в процесі формування ґрунтового шару без антропогенного впливу. Однакові типи ґрунтів відносно однаково родючі, але при цьому слід пам'ятати, що на показники впливає не тільки тип

землі, але й вид сільськогосподарських культур. Продуктивність природно родючих полів з часом зменшується, оскільки земля має здатність виснажуватися.

Швидкість виснаження великою мірою залежить від послідовності вирощування культур в сівозміні.

Штучна родючість ґрунту формується в результаті сільськогосподарської діяльності – шляхом внесення добрив, сівозміни, зрошення, дренажування та обробки полів.

Ефективна родючість визначається фактичним обсягом врожаю. На цей чинник впливають природні та потенційні показники, а також використовувані сільськогосподарські технології та методи обробки полів.

Види родючості ґрунтів взаємопов'язані, оскільки врожайність культур обумовлена не лише природними властивостями землі на полях, а й заходами з меліорації.

Основні характеристики структури ґрунту – пористість і об'ємна маса або густина.

Пористість виражається у відсотках і є відношенням обсягу порожнин до загального обсягу ґрунту.

В свою чергу щільність – є відношенням певної маси вологого ґрунту до деякого об'єму проби, отриманої без порушення її природного складу. Така густина може залежати від вмісту гумусу, а також пористості ґрунту.

Способи обробітку ґрунту.

Під обробітком ґрунту розуміють механічний вплив на нього робочими органами машин і знарядь, що створює найкращі умови для вирощування культур.

Існують різні способи обробітку ґрунту для вирощування сільськогосподарських культур. В залежності від глибини обробітку виділяють два основні способи: традиційний та мінімальний обробіток ґрунту.

Також існує третій варіант – проведення сівби безпосередньо в стерню, за такого способу ґрунт обробляється сівалкою за допомогою спеціального встановленого знаряддя.

Оранка є перевіреним і надійним методом обробітку ґрунту, використання якого має ряд унікальних переваг. За один прохід плуг подрібнює залишені рослинні рештки на поверхні, ретельно переміщує їх з шаром ґрунту та формує насінневе ложе для проведення сівби культури.

Традиційний обробіток.

Плуг - старе знаряддя, але це не означає, що воно не вдосконалюється. Сучасні плуги мають секції (які відповідають за як за глибокий так і за поверхневий обробіток) та додаткове обладнання (за рахунок якого додатково подрібнюються залишені рослинні рештки на поверхні ґрунту). Зараз на ринку доступні автоматизовані плуги із можливістю використання GPS навігації, а також додаткове обладнання для проведення неглибокого обробітку ґрунту.

Основний ризик використання традиційної технології обробітку полягає у створенні переущільнених шарів ґрунту. Щоб уникнути цього необхідно кожного наступного року змінювати глибину обробітку. При наявній великій кількості рослинні рештки існує небезпека утворення товстого шару соломи на поверхні, з цим завданням можна впоратися за один прохід дискового плуга Carrier.

Сучасне землеробство – це наука про раціональне використання землі, захист її від деградації, про закономірності відтворення родючості ґрунту з метою вирощування та одержання високих і стабільних врожаїв.

Сучасні системи землеробства це не тільки механічний обробіток ґрунту, але й додавання добрив та сівозміни.

Розуміння складних взаємозв'язків між якістю ґрунту, продуктивністю сільськогосподарських культур та методами управління допоможе розробити більш стійкі системи сільськогосподарського виробництва.

Механічний обробіток ґрунту:

НУБІП УКРАЇНИ

Це процес розпушування та перевертання ґрунту за допомогою таких машин, як плуги, борони, культиватори тощо. Механічний обробіток ґрунту допомагає боротися з бур'янами, вносити органічні речовини.

НУБІП УКРАЇНИ

Існує декілька способів обробітку ґрунту, які мають різні цілі, переваги та недоліки.

НУБІП УКРАЇНИ

Традиційний обробіток ґрунту - це спосіб, при якому виконується глибоке орання з оборотом пласта на глибину 25-40 см. Цей спосіб дозволяє знищити бур'яни, розподілити рослинні залишки, поліпшити структуру ґрунту

НУБІП УКРАЇНИ

та забезпечити повітрообмін. Однак, він також має недоліки, такі як ерозія ґрунту, втрата вологи та гумусу, зниження біорізноманіття та паливні затрати.

Для виконання традиційного обробітку ґрунту ви можете використовувати різні механізми: плуг, дисковий культиватор, граблі .

НУБІП УКРАЇНИ

Мінімальний обробіток ґрунту - це спосіб, при якому виконується лише поверхнєве розпушування ґрунту на глибину 5-15 см без обороту пласта. Цей спосіб дозволяє зберегти рослинні залишки на поверхні ґрунту, що сприяє збереженню вологи, запобіганню ерозії, покращенню біологічної активності

НУБІП УКРАЇНИ

та зменшенню паливної затрати. Однак, він також має недоліки, такі як збереження бур'янів, необхідність застосування гербіцидів, погане перемішування добрив та ризик ущільнення нижчих шарів ґрунту.

Для виконання мінімального обробітку ґрунту ви можете використовувати різні механізми: глибоко розпушувальні засоби, поверхнєві культиватори , дискові культиватори.

НУБІП УКРАЇНИ

Ультра-поверхнєвий обробіток ґрунту це спосіб, при якому виконується дуже слабе розпушування ґрунту на глибину до 5 см. Цей спосіб дозволяє максимально зберегти рослинні залишки на поверхні ґрунту, що сприяє створенню мильдового шару.

НУБІП УКРАЇНИ

Для виконання ультра поверхнєвого обробітку ґрунту ви можете використовувати різні механізми: дисковий культиватор, ножовий колок, плоскоріз .

Внесення добрив.

Це внесення поживних речовин у ґрунт або рослини для покращення їхнього росту та врожайності. Добрива можуть бути органічними (наприклад, гній, компост чи сидерати) або неорганічними (наприклад, синтетичні хімікати або мінеральні солі).

Сівозміна.

Це практика послідовного вирощування різних культур на одній ділянці землі. Сівозміна може допомогти запобігти ерозії ґрунту, зменшити тиск шкідників та хвороби, підвищити родючість ґрунту та збільшити доходи фермерських господарств.

1.2 Сучасні конструкції корпусів ґрунтообробних робочих органів.



Рис.1 Вбудований розпушувач Wil-Rich 357.

Вбудований розпушувач Wil-Rich 357 – це лінійний глибснорихлявач, який ідеально підходить для обробки полів з великою кількістю решток врожаю.

Запобіжним механізмом виступає пружина яка при великому тиску на робочий орган, запобігає поломці робочих органів.

#



Рис.2 Напівавтоматична система для Cayros M.

Відхилення корпусу плуга здійснюється за допомогою подолання сильного тиску двох спіральних пружин за наявності напівавтоматичного запобіжного механізму. На Cayros M ця система є альтернативою між захисним механізмом зі зрізним болтом і захистом NonStop під час використання на ґрунтах із невеликою кількістю каменів.

Переваги невелика додаткова вага порівняно із захисним механізмом зі зрізним болтом. Регульоване зусилля спрацювання.

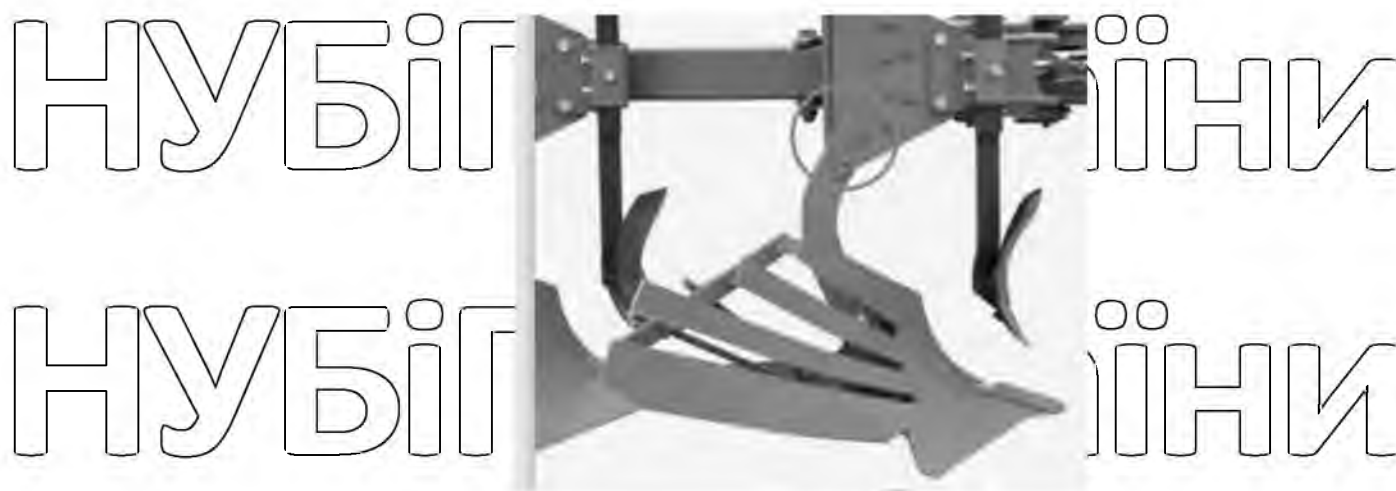


Рис.3 Механічна система зі зрізним болтом Cayros M.

Механічна система із захисним механізмом зі зрізним болтом.

Зрізний болт — це перевірене стандартне рішення. Під навантаженням зрізний болт ламається в певній точці, корпус плуга відхиляється й відходить

від перешкоди вгору. Потрібно підняти плуг, установити новий зрізний болт і продовжувати роботу. Високе зусилля спрацювання зрізних болтів гарантує експлуатацію навіть на важких і твердих ґрунтах.



Рис. 4 Kuhn Multi-Leader.

Основні характеристики захисних механізмів Kuhn Multi-Leader:

- зміщення плуга в широкі межі здійснюється механічно або гідравлічно.

- болтові на розрив запобіжники.

- захист за допомогою зрізного болта.

Даний агрегат призначений для оранки також одноколесні напівнавісні плуги було розроблено для повного використання тягової потужності та підвищення результативності вашої роботи.

Оптимальний захист – захисний пристрій на основі розривного болта SAFE-T для роботи в умовах незначної присутності каменів

- розрив болта через розтягування захищає конструкцію при зіткненні з перешкодою;
- відсутність небезпеки пошкодження конструкційних деталей;
- легкість і швидкість заміни розривного болта;

Неперервний гідравлічний захист, ідеальний за великої кількості каменів у ґрунті:

- централізоване регулювання зусилля на наконечнику на всіх корпусах для заощадження часу;

негайне повернення у ґрунт після проходження перешкоди завдяки особливим характеристикам;

- у тяжких умовах – швидке адаптування зусилля на наконечнику леміша, щоб уникнути вібрації або підняття каміння;



Рис.5 POUR LA VIGNE.

На даному рисунку ми бачимо захисний елемент культиватора POUR LA VIGNE, яким виступають спіральні пружини для подолання сильного тиску при наїзді на брили чи каміння, даний агрегат ми можемо використати як елемент для дослідження в нашій темі.

Цей агрегат ми використовуємо для культивування, та розпучення землі.



Рис.6 Плуг АСН-4В.

Це плуг АСП-4В є одним з плугів загального призначення, призначений для основного обробітку ґрунту, а саме для оранки землі. Подвійний

пружинний стернський плуг з глибиною оранки 20 см. Ідеально підходить для ґрунтозахисного обробітку ґрунту. Цей захисний елемент дозволяє плугу уникнути пошкоджень при зіткненні з твердими предметами, такими як каміння або коріння дерев.



Рис.7 MULTI-LEADER XT.

На даному рисунку ми бачимо конструкцію плуга на розрив болта, це є один із плугів компанії KUNN цей плуг використовується для якісної підготовки посівного ложа в будь-яких, навіть найскладніших умовах.

Використання цього надійного, маневреного і простого в управлінні плуга знижує витрату палива і оптимізує оранку на сильно кам'янистих ґрунтах.



Рис.8 ACHL-7B.

Даний агрегат обладнаний захисним елементом у вигляді спіральної пружини, яка запобігає поломці робочої частини агрегату, даний елемент

конструкції, використовується у багатьох подібних системах що показує свою надійність. Плути з захисним елементом у вигляді спіральних пружин використовуються для захисту від перевантаження.

НУБІП Україні

НУБІП Україні

НУБІП Україні

НУБІП Україні

НУБІП Україні

НУБІП Україні

РОЗДІЛ 2. ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТА КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ УДОСКОНАЛЕНОГО КОРПУСА ПЛУГА.

2.1 ДОСЛІДЖЕННЯ НЕСТАЦІОНАРНИХ ХВИЛЬОВИХ ПРОЦЕСІВ.

Запропоновано підхід до дослідження нестационарних хвильових процесів у пружній на півплощині при змішаних граничних умовах четвертої граничної задачі теорії пружності. Застосовано інтегральні перетворення Лапласа і Фур'є, послідовне обернення яких або використання методу Каньяра для їхнього спільного обернення дає можливість одержати розв'язок (напруження, переміщення) у замкненому аналітичному вигляді. Підхід дозволяє виконати дослідження для різноманітного асортименту діючих навантажень. По суті, аналіз взаємодії корпусу плуга з оброблюваним ґрунтом зведений до дослідження нестационарних хвиле утворень, які виникають у ізотропному пружному на півпросторі/на півплощині при дії зосереджених чи розподілених поверхневих впливів. Власне розв'язок відповідної крайової задачі, отриманий у роботі, побудований на використанні інтегральних перетворень Лапласа по часу і Фур'є-Ханкеля - по просторовій координаті. Обраний у даному дослідженні підхід, який враховує тип граничних умов і характер просторово-часового розподілу навантаження на границі оброблюваного середовища (ґрунту), дозволяє побудувати оригінали та знайти розв'язок задачі аналітичним методом.

Розглядаємо задачу плоскої деформації. На півплощині відносна до декартових координат (x, z) таким чином, що вісь x спрямована вздовж границі на півплощини (ґрунт, що обробляється), вісь z в її глибину (рис. 1) нормальне навантаження $Q(x, z)$ (від (вібраційної) корпусу плуга), симетричне відносно осі z , виникає у деякий початковий момент часу $t = 0$ й, у загальному випадку, є функцією часу і координати x .

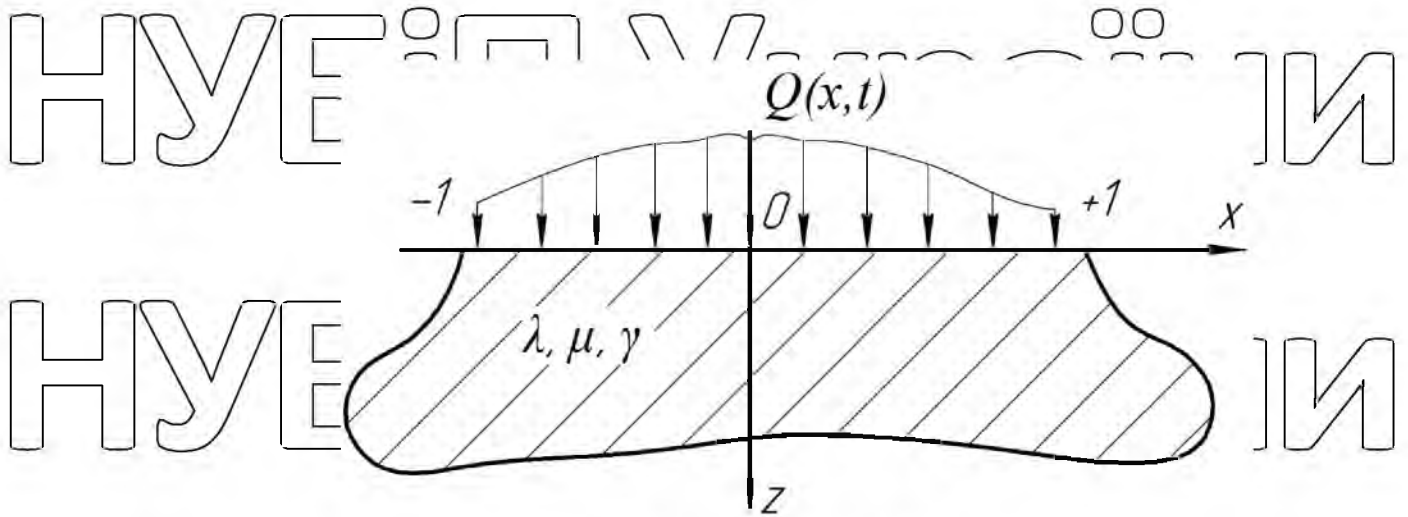


Рис 2.1. Геометрія задачі

Задача формується у безрозмірних позначеннях:

$$\bar{x} = x/R; \bar{z} = z/R; \bar{u}_j = \bar{u}_j/R; \bar{t} = \frac{C_p t}{R};$$

$\bar{\delta}_{jk} = \delta_{jk}/(\lambda + 2\mu); (j, k) = (x, z);$
 $\alpha = C_p/C_0; \beta = C_s/C_0; b = \beta/\alpha; C_p = \sqrt{(\lambda + 2\mu)/\gamma}; C_s = \sqrt{\mu/\gamma}$, риска над котрими у подальшому буде опущена. Тут R та C_0 – деякі характерні лінійні розміри і швидкість; γ – щільність матеріалу (грунту); (λ, μ) – пружні постійні

Ламе; C_p, C_s – відповідно, швидкості розповсюдження хвиль розширення і хвиль зсуву; δ_{jk} – компоненти напруженого стану; u_j – компоненти переміщень.

Поведінка пружного середовища описується хвильовими потенціалами

Φ та ψ , котрі у випадку плоскої задачі задовольняють хвильовим рівнянням [4]:

$$\frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial z^2} - \frac{1}{\alpha^2} \cdot \frac{\partial^2 \Phi}{\partial t^2} = 0; \quad \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} - \frac{1}{\beta^2} \cdot \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} = 0; \quad (1.1)$$

й зв'язані з пружними переміщеннями і напруженнями співвідношеннями:

$$\left\{ \begin{aligned} u_x &= \frac{\partial \Phi}{\partial x} + \frac{\partial \psi}{\partial z}, \quad u_z = \frac{\partial \Phi}{\partial z} - \frac{\partial \psi}{\partial x} \\ \delta_{zz} &= (1 - 2b^2) \cdot \frac{\partial^2 \Phi}{\partial t^2} + 2\beta^2 \left(\frac{\partial^2 \Phi}{\partial z^2} - \frac{\partial^2 \psi}{\partial x \partial z} \right); \quad \delta_{xz} = \beta^2 \left(2 \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x \partial z} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} - \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} \right). \end{aligned} \right. \quad (1.2)$$

У якості граничних умов при $z = 0$ розглядаємо змішані умови четвертої крайової задачі теорії пружності, згідно з якою на границі задається нормальне напруження і відсутні дотичні переміщення. Як буде показано нижче, при таких умовах вдається отримати аналогічний розв'язок відповідної граничної задачі. Такий розв'язок може, зокрема, слугувати орієнтиром при розробці відповідних чисельних підходів, для котрих вид умов на границі не є критичним. Скажемо, що обрана постановка задачі виключає появу поверхневої хвилі Релея і, відповідно, непридатна для дослідження при поверхневих процесів; однак, можна чекати, що при віддаленні від границі отриманий розв'язок буде наближатись до розв'язку першої крайової задачі, коли на границі відсутнє дотичне напруження. Нижче на конкретному прикладі буде здійснене порівняння результатів обчислень вказаних задач.

Граничні умови на поверхні на півплощини $z = 0$ у прийнятій постанові

мають вид:

$$\delta_{zz} \Big|_{z=0} = Q(x, t); \quad u_x \Big|_{z=0} = 0 \quad (1.3)$$

Початкові умови для потенціалів - нульові тобто:

$$\Phi \Big|_{t=0} = \frac{\partial \Phi}{\partial t} \Big|_{t=0} = 0; \quad \psi \Big|_{t=0} = \frac{\partial \psi}{\partial t} \Big|_{t=0} = 0. \quad (1.4)$$

Крім того, мають місце умови затухання породжених нестационарним навантаженням хвильових збурень на нескінченності (т. з. умови Зоммерфельда):

де $A(s, \xi); \tilde{A}(s, \xi); B(s, \xi); \tilde{B}(s, \xi)$ – функції, які підлягають визначенню із граничних умов.

Зрозуміло, що завдяки умовам згасання при $z \rightarrow \infty$, маємо $\tilde{A} = \tilde{B} = 0$.
У результаті задоволення граничних умовами (1.3) отримаємо вирази для напруження δ_{zz} й переміщення u_z у просторі зображень за Лапласом і Фур'є:

$$\begin{cases} \delta_{zz}^{LF} = Q^{LF}(\xi, s) \cdot \left[\left(1 + \frac{2\beta^2 \xi^2}{s^2} \right) \cdot \exp\left(-\frac{z}{\alpha} \cdot P\right) - \frac{2\beta^2 \xi^2}{s^2} \cdot \exp\left(-\frac{z}{\beta} \cdot \bar{S}\right) \right]; \\ u_z^{LF} = Q^{LF}(\xi, s) \cdot \left[-\frac{1}{\alpha} \cdot \frac{P}{s^2} \cdot \exp\left(-\frac{z}{\alpha} \cdot P\right) + \frac{\xi^2}{\bar{S} \cdot s^2} \beta \cdot \exp\left(-\frac{z}{\beta} \cdot \bar{S}\right) \right]. \end{cases} \quad (2.2)$$

Задачу обернення інтегральних перетворень виконаємо нижче для різних видів діючого навантаження.

2.3. Обернення інтегральних перетворень. Загальний випадок.
Почнемо з доволі загального випадку. Вважаємо, що миттєво прикладене навантаження та його зображення за Лапласом і Фур'є мають вид:

$$Q(t, x) = Q_0 \cdot H(t) \cdot G(x); \quad Q^L(s, x) = Q_0 \cdot \frac{1}{s} G(x); \quad Q^{LF}(s, \xi) = Q_0 \cdot \frac{1}{s} G^F(\xi) \quad (3.1)$$

де $H(t)$ - одинична функція Хевісайда $H(t) = \begin{cases} 1, & t > 0; \\ 0, & t < 0. \end{cases}$

Функція $G(x)$ задає характер розподілу напруження вздовж осі x . З (2.2) маємо вираз для напруження:

$$\left. \begin{aligned} \delta_{zz}^{LF} &= Q^{LF}(\xi, s) \cdot g^{LF}(s, \xi, z); \quad g^{LF}(s, \xi, z) = \left(1 + \frac{2\beta^2 \xi^2}{s^2}\right) e^{-\frac{z}{\alpha} \cdot P} - \frac{2\beta^2 \xi^2}{s^2} \cdot e^{-\frac{z}{\beta} \cdot S}; \\ \delta_{zz}^{LF} &= Q_0 \cdot G^F(\xi) \cdot g^{-LF}(s, \xi, z); \quad g^{-LF}(s, \xi, z) = \frac{1}{s} \cdot g^{LF}(s, \xi, z) = \frac{1}{s} e^{-\frac{z}{\alpha} \cdot P} + \\ &+ \frac{2\beta^2 \xi^2}{s^3} \cdot e^{-\frac{z}{\alpha} \cdot P} - \frac{2\beta^2 \xi^2}{s^3} \cdot e^{-\frac{z}{\beta} \cdot S}; \end{aligned} \right\} \quad (3.2)$$

Задача полягає у оберненні інтегральних перетворень. Якщо вдасться визначити оригінал функції $\bar{g}^{LF}(s, \xi, z)$, тобто функцію $\bar{g}(t, x, z)$, тоді для

отримання напруження $\delta_{zz}(t, z, x)$ можна буде використовувати згортку перетворення Фур'є функцій $G(x)$ й $\bar{g}(t, x, z)$. Нижче вважається можливість заміни порядку обернення інтегральних перетворень.

Для обернення перетворень Фур'є функції $\bar{g}^{LF}(s, \xi, z)$ використаємо

табличне співвідношення [3]:

$$F^{-1} \left\{ e^{-z \sqrt{\left(\frac{x}{\alpha}\right)^2 + \xi^2}} \right\} = s \cdot \frac{z}{\pi \cdot \alpha} \cdot \frac{1}{\sqrt{x^2 + z^2}} \cdot K_1 \left\{ s \cdot \frac{1}{\alpha} \cdot \sqrt{x^2 + z^2} \right\} \quad (3.3)$$

та відома властивість перетворення:

$$F^{-1}(\xi^{2n} \cdot f^F(\xi)) = (-1)^n \cdot \frac{d^{2n}}{dx^{2n}} f(x), \quad n = 1, 2, \dots \quad (3.4)$$

Тут $K_1(t)$ циліндрична функція Макдональда [2]. Співвідношення (3.3) здійснює обернення за Фур'є першого складового функції $\bar{g}^{LF}(s, \xi, z)$; властивість (3.4) дозволяє здійснити обернення другої і третьої складових. Як результат після послідовних перетворень матимемо наступні вирази для

оригіналу за Фур'є функції $\xi^2 \cdot s^{-3} \cdot \exp\left(-\frac{z}{\alpha} \cdot P\right)$ (другий член у виразі (3.2)):

$$\frac{1}{s^3} F^{-1} \left(\xi^2 e^{-\frac{z}{\alpha}} \right) = - \left(\frac{z}{\pi \alpha^3} \right) \cdot (x^2 + z^2)^{-\frac{5}{2}} \cdot \left\{ [x^2(x^2 + z^2) + s^{-2} \cdot 2(3x^2 - z^2) \cdot \alpha^2] \times \right. \\ \left. K_1 \left(\frac{s}{\alpha} \cdot \sqrt{x^2 + z^2} \right) + s^{-1} (3x^2 - z^2) \cdot \alpha \cdot \sqrt{x^2 + z^2} \cdot K_0 \left(\frac{s}{\alpha} \cdot \sqrt{x^2 + z^2} \right) \right\}. \quad (3.5)$$

Аналогічний вираз отримаємо при інверсії $s^{-3} \cdot F^{-1} \left(\xi^2 \cdot e^{-\frac{z}{\beta} \cdot s} \right)$.
Перетворення Лапласа (обернене) виконується за допомогою табличних співвідношень виду:

$$L^{-1}[K_1(sb)] = H(f - b) \cdot t - b^{-1}(t^2 - b^2)^{-1/2} \quad (3.6);$$

й похідних від них, отриманих, наприклад, за допомогою відомих властивостей інтегрування оригіналу [3]. У результаті, використовуючи

співвідношення (3.3) - (3.6) матимемо функцію $\bar{g}(t, x, z)$, зображення котрої задається виразом (3.2), у наступному вигляді:

$$\bar{g}(t, x, z) = H \left(t - \frac{r}{\alpha} \right) \cdot \frac{tz}{\pi} \left[\frac{\alpha}{r^2 \zeta_\alpha(t, x, z)} - \frac{2\beta^2}{\alpha} \left\{ \frac{x^2}{r^4 \zeta_\alpha(t, x, z)} + \frac{(3x^2 - z^2)}{r^6} \cdot \zeta_\alpha(t, x, z) \right\} \right] + \\ + H \left(t - \frac{r}{\beta} \right) \frac{2\beta tz}{\pi} \left\{ \frac{x^2}{r^4 \cdot \zeta_\beta(t, x, z)} + \frac{(3x^2 - z^2)}{r^6} \cdot \zeta_\beta(t, x, z) \right\}; \\ \left[\zeta_\alpha(t, x, z) = \sqrt{\alpha^2 t^2 - r^2}; \zeta_\beta(t, x, z) = \sqrt{\beta^2 t^2 - r^2}; r = \sqrt{x^2 + z^2} \right] \quad (3.7).$$

Для визначення напруження $\delta_{zz}(t, x, z)$ тепер можна використати згортку перетворення Фур'є для функцій $G(x)$ та $\bar{g}(t, x, z)$ [6]:

$$\delta_{zz}(t, x, z) = \int_{-\infty}^{+\infty} G(x - \xi) \bar{g}(t, \xi, z) d\xi \quad (3.8)$$

НУБІП України

Нехай, наприклад, функція $G(x)$ така, що нормальне навантаження прикладене у фіксованій області $-l \leq x \leq l$; $l = const$ (модель корпусу плуга скінченних розмірів):

$$Q(t, x) = Q_0 \cdot H(t) \cdot G(x), \quad G(x) = f(x) \cdot [H(x + l) - H(x - l)], \quad (3.9)$$

де $f(x)$ - деяка функція, що задає розподіл навантаження у вказаній області (по поверхні корпусу плуга).

У результаті зі співвідношень (3.7) - (3.9) отримаємо вираз для напруження δ_{zz} у довільній точці напівплощини у довільний момент часу у випадку, коли задане навантаження діє у фіксованій області границі $[-l, l]$, а його залежність від часу задається функцією Хевісайда $H(t)$ (на що буде

вказувати відповідний нижній індекс H):

$$\begin{cases} \delta_{zzH}(t, x, z) = \frac{Q_0}{\pi} \int_{x-l}^{x+l} [f(x-\xi) F^{(\alpha)}(t, \xi, z) + f(x-\xi) \cdot F^{(\beta)}(t, \xi, z)] d\xi; \\ F^{(\alpha)}(t, \xi, z) = H(\sqrt{\alpha^2 t^2 - z^2} - \xi) \frac{tz}{\pi} \cdot \left\{ \frac{\alpha}{\rho^2 \cdot \zeta_\alpha(t, \xi, z)} - \frac{2\beta^2}{\alpha} \left[\frac{\xi^2}{\rho^4 \cdot \zeta_\alpha(t, \xi, z)} + \frac{(3\xi^2 - z^2)}{\rho^6} \cdot \zeta_\alpha(t, \xi, z) \right] \right\}; \\ F^{(\beta)}(t, \xi, z) = H(\sqrt{\beta^2 t^2 - z^2} - \xi) \cdot \frac{2\beta tz}{\pi} \left\{ \frac{\xi^2}{\rho^4 \zeta_\beta(t, \xi, z)} + \frac{(3\xi^2 - z^2)}{\rho^6} \zeta_\beta(t, \xi, z) \right\}; \\ \rho = \sqrt{\xi^2 + z^2} \end{cases} \quad (3.10)$$

Якщо залежність навантаження від часу у (3.8) задана деякою функцією

$\psi(t)$, $t > 0$ (наприклад $\psi(t) = \cos \Omega t$) достатньо загального вигляду, шукане

напруження обчислюються на основі теореми про згортку операційного числення із використанням $\delta_{zzH}(t, x, z)$ з формули (3.10):

$$\delta_{zz}(t, x, z) |_{\psi(t)} = \int_0^t \delta_{zzH}(\tau, x, z) \psi(t - \tau) d\tau \quad (3.11)$$

(Зокрема, для $\psi(t) = \cos \Omega t$ замість (3.11) маємо:

$$\delta_{zz}(t, x, z) |_{\cos \Omega t} = \int_0^t \delta_{zz}(\tau, x, z) \cdot \cos(\Omega[t - \tau]) d\tau.$$

Пружні переміщення визначимо за допомогою аналогічної процедури.

Зокрема, з (2.2) й (3.1) матимемо у просторі зображень рівності:)

$$u_z^{LF} = Q_0 \cdot G^F(\xi) \cdot j^{LF}(s, \xi, z);$$

$$j^{LF}(s, \xi, z) = - \left\{ \frac{1}{s} + \alpha^2 \cdot \frac{\xi^2}{s^3} \right\} \cdot \frac{e^{-\frac{z}{\alpha} P}}{\alpha \cdot P} + \beta^2 \cdot \frac{\xi^2}{s^3} \cdot \frac{e^{-\frac{z}{\beta} S}}{\beta \cdot S},$$

Обернення функції $j^{LF}(s, \xi, z)$ за допомогою властивостей (3.5) й

табличних співвідношень типу:

$$F^{-1} \left\{ \frac{\exp \left[-z \cdot \sqrt{\left(\frac{s}{\alpha}\right)^2 + \xi^2} \right]}{\alpha \cdot \sqrt{\left(\frac{s}{\alpha}\right)^2 + \xi^2}} \right\} = \frac{1}{\pi} \cdot K_0 \left(s \cdot \frac{1}{\alpha} \cdot \sqrt{x^2 + z^2} \right)$$

дозволяє остаточно визначити функцію $j(t, x, z)$ у виді:

$$\left\{ \begin{array}{l} j(t, x, z) = j_\alpha(t, x, z) + j_\beta(t, x, z); \\ j_\alpha = j_\alpha(t, z, x) = -H(\alpha t - r) \frac{1}{\pi} \left[\frac{(x^2 + r^2)}{r^2} \ln \left(\frac{\alpha t + \sqrt{\alpha^2 t^2 - r^2}}{r} \right) + \right. \\ \left. + \frac{(r^2 - 2x^2)}{r^3} \left(\sqrt{\alpha^2 t^2 - r^2} - \alpha t \ln \left(\frac{\alpha t + \sqrt{\alpha^2 t^2 - r^2}}{r} \right) \right) \right]; \\ j_\beta = j_\beta(t, z, x) = H(\beta t - r) \frac{1}{\pi} \left[\frac{x^2}{r^2} \ln \left(\frac{\beta t + \sqrt{\beta^2 t^2 - r^2}}{r} \right) + \left(\frac{r^2 - 2x^2}{r^3} \right) \times \right. \\ \left. \times \left(\sqrt{\beta^2 t^2 - r^2} - \beta t \cdot \ln \left(\frac{\beta t + \sqrt{\beta^2 t^2 - r^2}}{r} \right) \right) \right], r = \sqrt{x^2 + z^2} \end{array} \right. \quad (3.12)$$

У випадку навантаження виду (3.9) переміщення визначається формулою:

$$u_{zH}(t, x, z) = Q_0 \int_{x-l}^{x+l} f(x - \xi) \cdot j(t, \xi, z) d\xi. \quad (3.13)$$

У загальному випадку, коли залежність навантаження від часу визначається деякою функцією $\psi(t)$, $t > 0$, будемо мати:

$$u_z(t, x, z) |_{\psi(t)} = \int_0^t u_{zH}(\tau, x, z) \cdot \psi(t - \tau) d\tau. \quad (3.14)$$

Зокрема, для $\psi(t) = \cos \Omega t$ замість (3.14) маємо:

$$u_z(t, x, z) = \int_0^t u_{zH}(\tau, x, z) \cdot \cos(\Omega[t - \tau]) d\tau$$

Таким чином, співвідношення (3.10) – (3.14) дають замкнений аналітичний розв'язок задачі, сформульованої у п. 1, для довільної (у тому числі гармонічної) залежності діючого навантаження від часу та його довільного розподілу вздовж фіксованої ділянки границі (контактна корпус плуга з ґрунтом), який є областю задання навантаження.

РОЗДІЛ 3. СИЛОВИЙ АНАЛІЗ УДОСКОНАЛЕНОГО ПЛУГА.

3.1 Порівняння та переваги удосконаленого плуга.

Удосконалений плуг демонстрував гідні показники протягом дослідження. Навантаження на обладнання було перевірено під час обробки ґрунту на глибинах 15, 20 і 25 сантиметрів, а також на різних швидкостях. На основі цього були створені наступні таблиці та порівняльні графіки.

Таблиця 3.1 Порівняння техніки на глибині.

№ досліду	Кількість повторвань	Швидкість при оранці	Ширина захвату	Глибина оранки	Поздовжня складова, Н			
					Базова		Дослідна	
					Значення датчика	Сила, Н	Значення датчика	Сила, Н
1	3	5,8	30	15	0,00374	1059	0,00282	862
2	3	7,4	30	15	0,00400	1190	0,00316	960
3	3	9,1	30	15	0,00515	1568	0,00423	1296
4	3	6,1	30	20	0,00464	1417	0,00376	1147
5	3	7,5	30	20	0,00510	1581	0,00421	1284
6	3	9	30	20	0,00688	2089	0,00564	1723
7	3	5,9	30	25	0,00580	1774	0,00465	1429
8	3	7,4	30	25	0,00649	1978	0,00527	1605
9	3	9,2	30	25	0,00860	2619	0,00705	2153



Рис. 3.1 Залежність поздовжньої складової сили опору від швидкості при глибині оранки 15 см.

Як видно на графіку, при обробці ґрунту на глибині 15 см залежність поєздовжньої складової сили має наступні показники. При швидкості 5,8–7,4 вони знаходяться в діапазоні 860–960Н. Сила опору досягає майже 1300Н вже при швидкості 9,1.

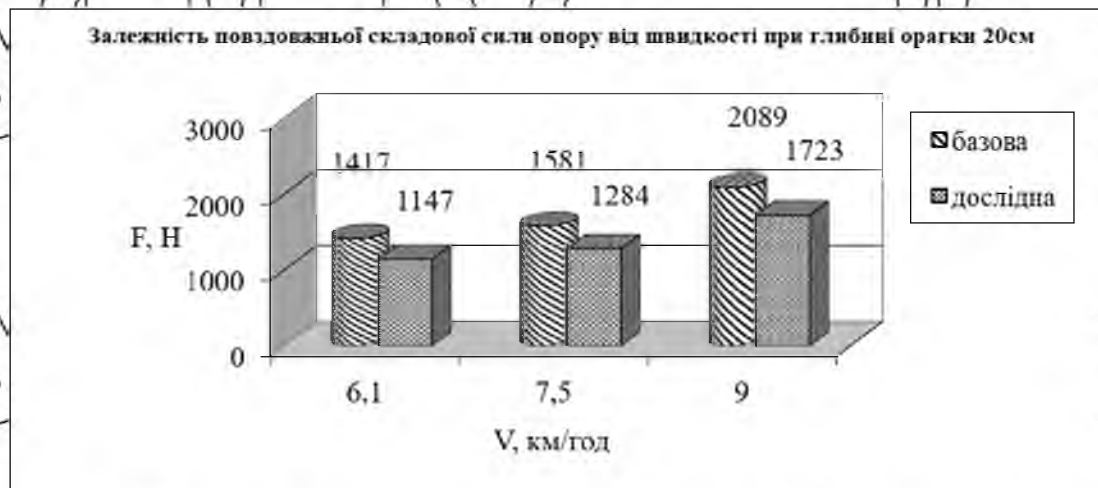


Рис. 3.2 Залежність поєздовжньої складової сили опору від швидкості при глибині оранки 20см.

На цьому графіку видно, що залежність поєздовжньої складової сили змінюється, коли ґрунт обробляють на глибині 20 см. Сила опору становить 1100–1200Н вже при швидкості 5,8–7,4. Сила опору збільшується до 1700Н при швидкості 9,1.



Рис. 3.3 Залежність поєздовжньої складової сили опору від швидкості при глибині оранки 25см.

Завдяки обробітку ґрунту на глибині 25 см повздовжня складова сила змінює свої показники, як показано на цьому графіку. Сила опору становить 1400–1600 Н вже при швидкості 5,8–7,4 км/год. З іншого боку, сила опору перевищує 2100Н при швидкості 9,1.

Таблиця показує залежність бокової складової сили опору від зміни швидкості та глибини обробітку ґрунту.

Таблиця 3.2 Порівняння техніки на глибині.

№ досліду	Кількість повторень	Швидкість при оранці	Ширина захвату	Глибина оранки	Бокова складова, Н				
					Базова			Дослідна	
					Значення датчика	Сила, Н	Значення датчика	Сила, Н	
1	3	5,8	30	15	0,00021	72	0,00017	55	
2	3	7,4	30	15	0,00038	120	0,00030	97	
3	3	9,1	30	15	0,00094	279	0,00077	229	
4	3	6,1	30	20	0,000312	88	0,00023	74	
5	3	7,4	30	20	0,00050	161	0,00041	122	
6	3	9	30	20	0,00125	377	0,00103	298	
7	3	5,9	30	25	0,00035	106	0,00030	91	
8	3	7,4	30	25	0,00064	195	0,00052	155	
9	3	9,2	30	25	0,00157	482	0,00125	396	

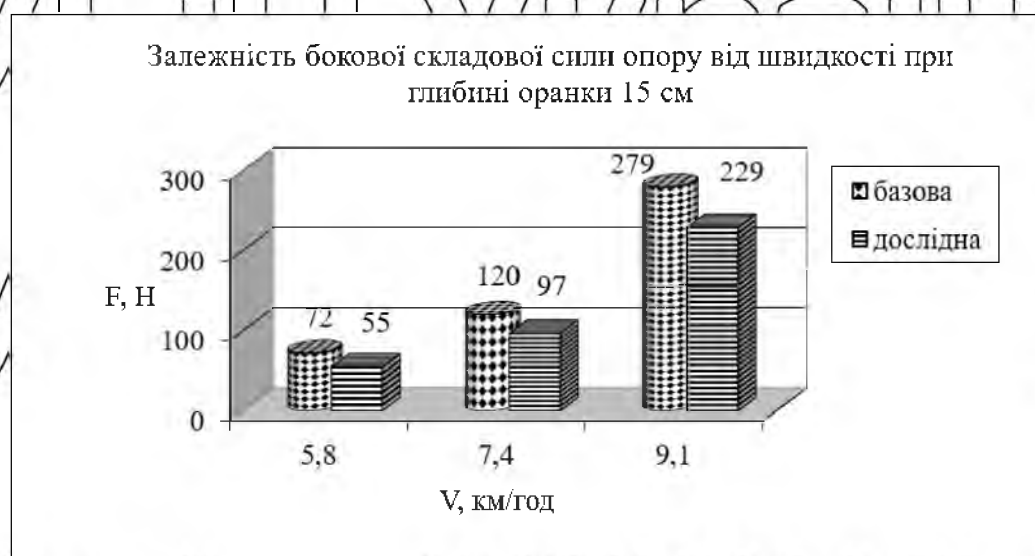


Рис. 3.4 Залежність бокової складової сили опору від швидкості при глибині оранки 15 см.

НУБІП України

Бокова складова сила змінює свої показники при обробітку ґрунту на глибині 15 см, як показано на цьому графіку. При швидкості 5,8–7,4 сила опору становить лише 50–100 Н. Сила опору збільшується до 220Н при швидкості 9,1.



Рис. 3.5 Залежність бокової складової сили опору від швидкості на глибині оранки 20 см.

Бокова складова сила змінює свої показники при обробітку ґрунту на 20 см, як показано на цьому графіку. При швидкості 5,8–7,4 сила опору знаходиться лише в межах 70–120Н. В свою чергу при швидкості 9,1 сила опору підіймається майже до 300Н.



Рис. 3.6 Залежність бокової складової сили опору від швидкості на глибині оранки 25 см.

НУБІП України

На цьому графіку видно, що коли ґрунт обробляють на глибині 25 см, залежність бокової складової сили змінюється. Сила опору становить лише 90-150Н при швидкості 5,8–7,4. Сила опору підвищується до 400Н при швидкості 9,1.

НУБІП України

Наступна таблиця показує залежність вертикальної складової сили опору від зміни швидкості та глибини ґрунту.

НУБІП України

Таблиця 3.3 Порівняння техніки на глибині.

№ досліду	Кількість повторень	Швидкість при оранці	Ширина захвату	Глибина оранки	Вертикальна складова, Н			
					Базова		Дослідна	
					Значення датчика	Сила, Н	Значення датчика	Сила, Н
1	3	5,8	30	15	0,00098	299	0,00080	245
2	3	7,4	30	15	0,00104	321	0,00086	263
3	3	9,1	30	15	0,00111	342	0,00088	268
4	3	6,1	30	20	0,00129	394	0,00105	319
5	3	7,5	30	20	0,00139	434	0,00113	345
6	3	9	30	20	0,00147	449	0,00120	365
7	3	5,9	30	25	0,00174	506	0,00139	425
8	3	7,4	30	25	0,00174	528	0,00141	430
9	3	9,2	30	25	0,00184	558	0,00148	451

НУБІП України



Рис. 3.7 Залежність вертикальної складової сили опору від швидкості при глибині оранки 15 см.

На цьому графіку видно, що залежність вертикальної складової сили змінюється, коли ґрунт обробляють на глибині 15 см. Сила опору становить приблизно 250–260 Н при швидкості 5,8–7,4. Натомість сила спору постійно знаходиться в діапазоні 260Н при швидкості 9,1.

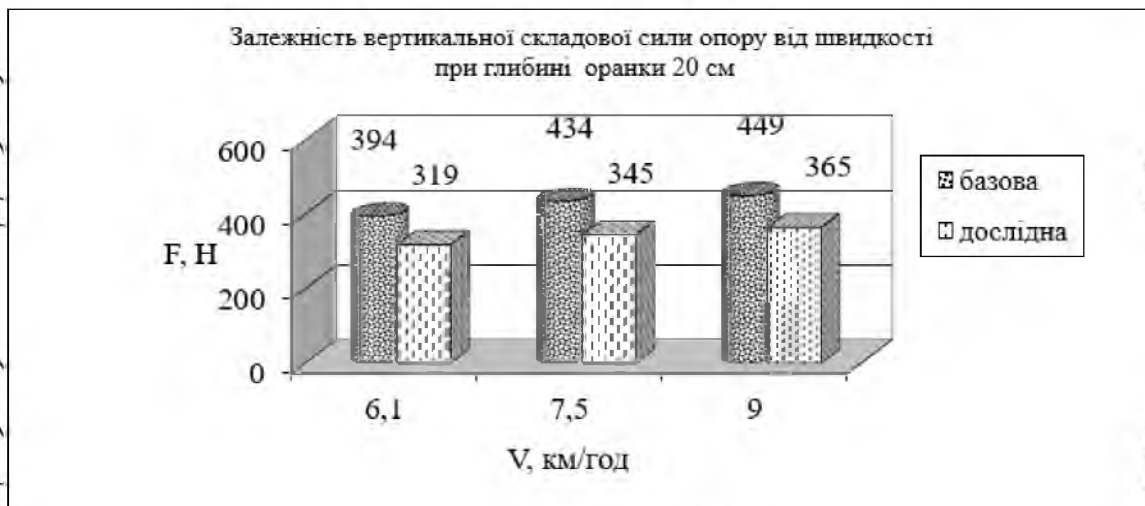


Рис. 3.8 Залежність вертикальної складової сили опору від швидкості при глибині оранки 20 см.

Як показано на цьому графіку, при обробці ґрунту на глибині 20 см залежність вертикальної складової сили змінюється. Сила опору становить

НУБІП України

310–340Н при швидкостях 5,8–7,4. Сила опору знаходиться в діапазоні 360Н при швидкості 9,1.

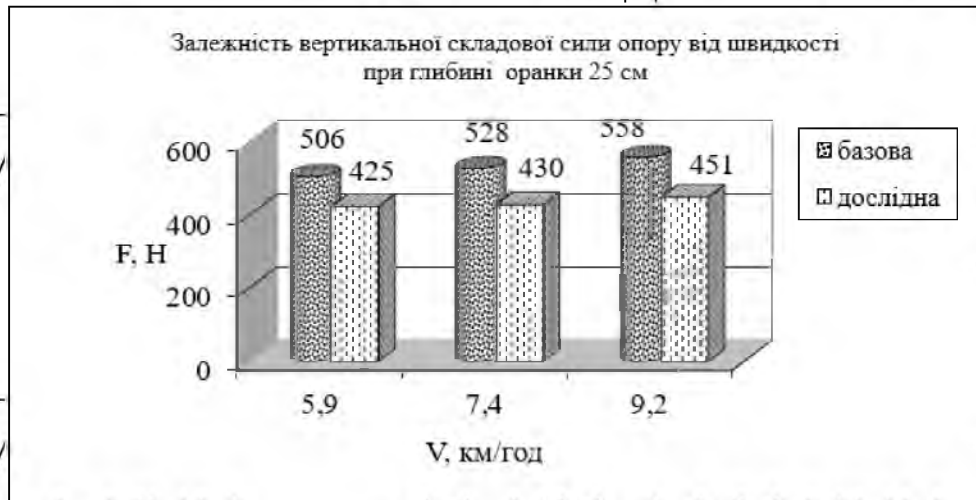


Рис. 3.9 Залежність вертикальної складової сили опору від швидкості при глибині оранки 25см.

На цьому графіку видно, що при обробці ґрунту на глибині 25 см залежність вертикальної складової сили змінюється. Сила опору майже 420–430Н при швидкості 5,8–7,4. Натомість сила опору постійно знаходиться в межах 450Н при швидкості 9,1.

Попередні таблиці показують різницю по вертикалі в наступній таблиці співвідношення відсотків показує відмінність.

Таблиця 3.4 Різниця по вертикалі таблиці %

59,696	60,322	67,924528	60,44	59,048	57,647
60,162	59,813	61,538462	62,581	60,795	61,163
59,87	60,195	57,883817	57,828	61,29	59,424
79,876	80,266	83,018868	81,319	77,831	75,059
79,929	80	82,564103	78,71	82,197	80,233
79,763	80,028	78,215768	75,213	80,466	80,931
100	100	100	100	100	100
100	100	100	100	100	100
100	100	100	100	100	100

Дана таблиця з порівняльними даними, де відображається різниця базового корпусу плуга та Експериментальний плуг.

Базовий корпус плуга, МДж/га	Експериментальний плуг, МДж/га
31,77	25,86
35,7	28,8
47,04	38,88
42,51	34,41
47,43	38,52
62,67	51,69
53,22	42,87
59,34	48,15
78,57	64,59

За даними, представленими в цьому розділі, можна зробити висновок, що запропонована дослідна конструкція підвищує показник продуктивності, одночасно зменшуючи навантаження на робочий орган.

НУБІП України

РОЗДІЛ 4. Моделювання робочого процесу шляхом прикладення сил.

До моделі експериментального обладнання була додана сила. Ми використовували програму Compass та бібліотеку APM FEM для моделювання стану компонентів навантаження, описаних у попередньому розділі. Максимальне навантаження розпушує ґрунт на глибині 25 см, при швидкості 9,2 км / год залежність поздовжньої складової сили становить понад 2100 н, поперечної складової сили-майже 400 н, а вертикальної складової сили-450 н.

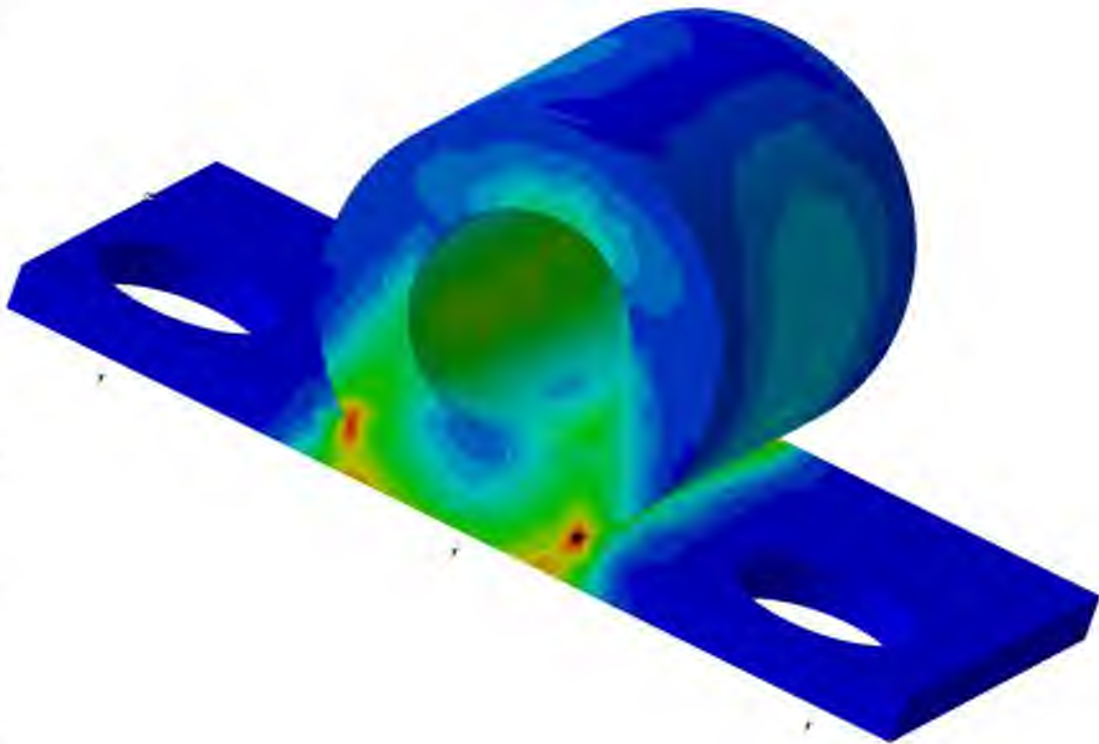


Рис. 3.1 обертовий корпус під навантаженням.

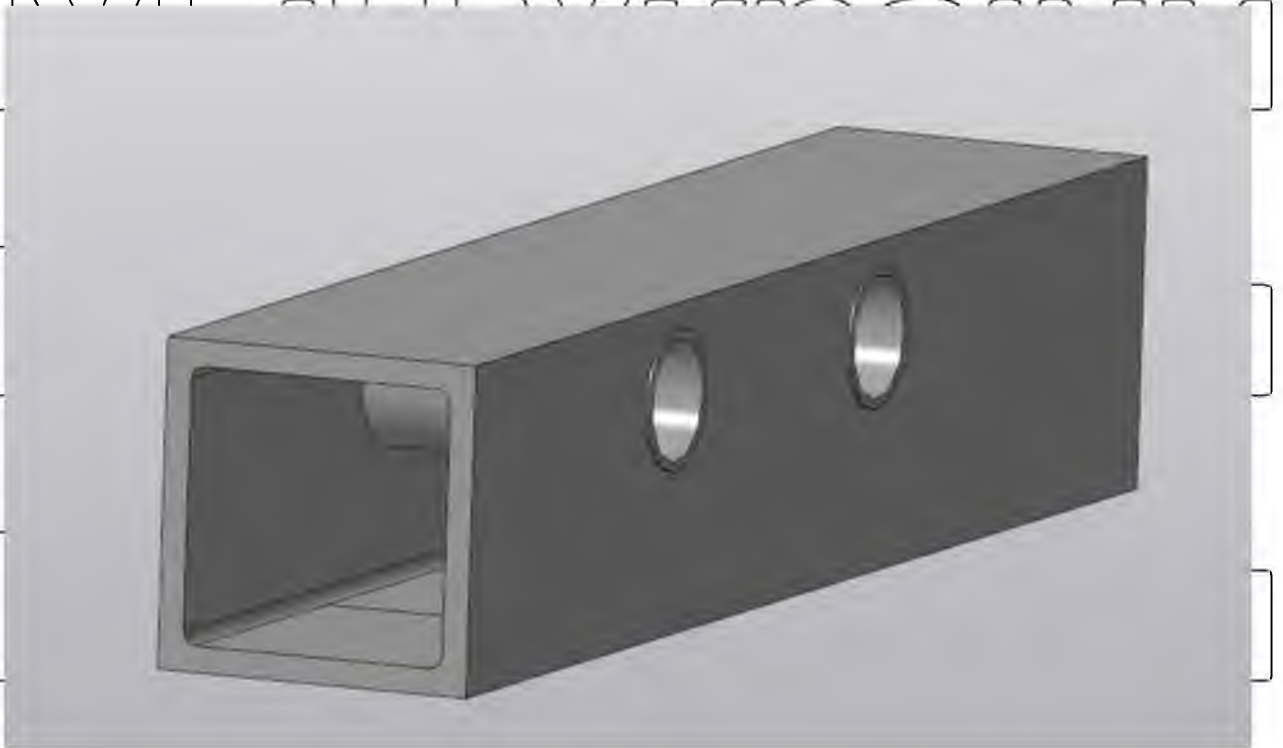


Рис. 3.2 Кріпильна частина рами.

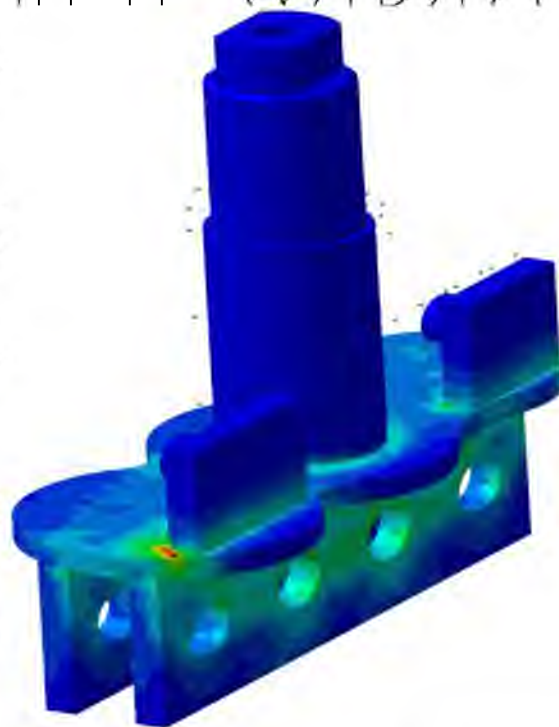


Рис. 3.3 Кріпильна стійка під навантаженням.

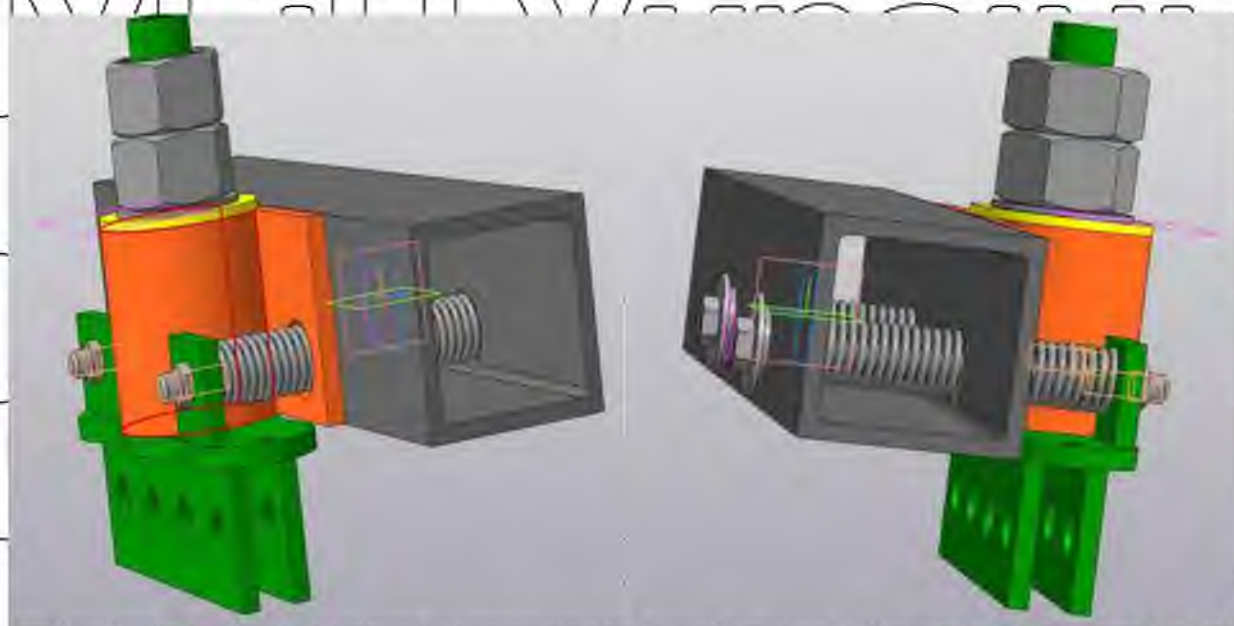


Рис. 3.4 Зображення всієї збірки.

Поглянувши на зображеннях можна зробити висновки, що конструкція витримає необхідне навантаження, а також має певний запас міцності.

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.

5.1 Загальні вимоги.

На початку польових робіт відразу підвищується кількість і частота виробничих процесів. Ці процеси використовуються для перевірки готовності сільськогосподарської техніки та для приготування зерна ярих зернових або зернобобових культур. Збільшилася робоча сила порівняно з зимовим періодом, в основному зосереджена на обслуговуванні технологій. Це може призвести до збільшення кількості травм, особливо якщо нехтують правилами техніки безпеки та охорони праці, а також до неналежної організації робіт. Згідно з Законом України «Про охорону праці» роботодавці зобов'язані забезпечити гідні умови праці на робочому місці, а за їх відсутності, створити такі умови, що відповідають вимогам нормативно-правових актів, а також дотримуватись вимог законодавства щодо прав працівників у сфері охорони праці. Зважаючи на те, що якість проведення роботи та безпека праці напряду регулюються вміннями працівників, роботодавці повинні організувати вивчення, інструктажі та перевірку знань працівників щодо охорони праці.

Крім того, працівники, які належать до категорії робіт, пов'язаних із підвищеною небезпечкою, повинні пройти спеціальне навчання. Особи, які не пройшли процес навчання, інструктажу та перевірки знань у сфері охорони праці, не можуть бути допущені до роботи. На підприємстві всі працівники, які виконують важкі або шкідливі роботи, а також ті, хто працює зі шкідливими чи небезпечними процесами, повинні проходити попередні та регулярні медичні огляди. Працівники, які працюють у шкідливих або шкідливо-кліматичних умовах, будуть безкоштовно забезпечені спеціальним одягом, взуттям та іншими засобами захисту.

Коли на різних сільськогосподарських підприємствах проводяться весняно-польові роботи, необхідно ефективно експлуатувати обладнання:

- Експлуатація сільськогосподарської техніки або обладнання повинна здійснюватися відповідно до вимог експлуатаційного документа,

НУБІП України

-Бузлі сільськогосподарської техніки ,які постійно перебувають у русі або можуть становити небезпеку, повинні бути обгороджені що створить безпеку працівників.

НУБІП України

-Перед початком робіт необхідно переконатися , що обладнання не стосується проводів повітряних ліній електропередачі;

-Не експлуатуйте несправні механізми або обладнання;

-Під час роботи пристрою необхідно дотримуватися безпечної дистанції;

НУБІП України

Додаткової уваги вимагає робота , тісно пов'язана з приготуванням мінеральних добрив перед внесенням у ґрунт.

НУБІП України

Операції засновані на приготуванні мінеральних добрив перед внесенням в ґрунт, повинні виконуватися за допомогою певних механізмів , що зменшують кількість пилу. Працівники повинні носити відповідне захисне взуття, Спецодяг та засоби індивідуального захисту органів зору та дихання.

НУБІП України

Забороняється готувати розчини пестицидів на місці без використання певних механізмів.

НУБІП України

Працівникам не дозволяється перебувати в зонах ,де можуть переміщатися маркери ,або в навісному обладнанні при обертанні або перестановці обладнання.

НУБІП України

Завантаження садильної техніки насінням, потрібно механізувати. Техніка рахується забороненою для обелтування при двох чи більше сівалок одною людиною.

НУБІП України

Ручне завантаження можливе ,якщо агрегат зупинений і двигун трактора вимкнений.

Забороняється підніматися або спускатися з пристрою під час руху.

Забороняється сіячам проводити роботи на навісних сівалках.

НУБІП України

Зберігання або транспортування, а також використання пестицидів повинні здійснюватися з дотриманням вимог Закону України "Про пестициди та отрутохімікати- утилізатори ",а також нормативних правових актів.

5.2 Основні вимоги до машин і їх робочих органів.

1. Експлуатація сільськогосподарської техніки повинна виконуватися із врахуванням вимог експлуатаційної документації.

2. Суворо заборонено:

використовувати несправну техніку чи обладнання,

використовувати трактори які не обладнані електростартерним пуском двигуна, а також із непрацюючою системою блокування увімкнення двигуна, якщо увімкнена передача.

3. Роботи елементи або вузли сільськогосподарської техніки, які знаходяться в русі, або можуть представляти небезпеку, вони повинні бути огорожені, щоб гарантувати безпеку робітників.

4. Перед початком робіт треба бути впевненим, що дроти електропередачі не заводять, проїжджаючій під ними техніки.

5. Необхідно дотримуватися безпечної дистанції коли рухається техніка;

6. Під час руху заборонено підійматися чи спускатися по агрегату.

5.3 Основні вимоги до робочих місць робітників.

Робоче місце працівника- це певний простір для одного або декількох працівників, обладнаний засобами та обладнанням, необхідними для виконання роботи. Головним принципом для організації робочого місця, сприймають як за принцип Ергономіку -це наука, що займається комплексним вивченням і проектуванням трудової діяльності для вдосконалення знарядь і умов праці та підвищення рівня професійної майстерності.

Робоче місце на сільськогосподарському підприємстві- це конкретна зона дії, в якій працюють працівники, де мають бути зібрані певні виробничі методи і виконані різні завдання, в результаті чого утворюється трудовий процес, що виконується одним або кількома працівниками. Робочі місця зазвичай обмежені певною рамкою, наприклад кабіною трактора, яку працівники використовують для виконання своїх робочих процесів.

Створення робочих місць відбувається через цілий ряд заходів, включаючи підготовку приміщень та планування, встановлення обладнання,

технічного обслуговування та сертифікацію. У сільському господарстві кожне робоче місце має свої специфічні характеристики, які необхідно враховувати при створенні таких місць.

Основними вимогами до будь якого робочого місця є:

- Визначення кількості та тривалості завдань, які відповідають умовам виробництва та специфічним потребам рослин і тварин;

- зменшення ручної праці і заміна її автоматичною роботою машин;

- створення певних умов, які дозволяють працівникам приймати зручні пози та використовувати найкращі методи роботи;

- забезпечення завчасного одержання матеріалів для праці, таких як

- насіння, добрива та корми;

- забезпечення належних гігієнічних умов праці та комфорту на робочому місці.

Розміри і суцільне розміщення елементів робочого місця повинні відповідати фізіологічним, антропометричним і психофізіологічним якостям

людини та характеру роботи. Робочі місця, спроектовані відповідно до стандартів забезпечують необхідну поставу. Цього можна досягти, регулюючи положення стільця, кут нахилу, висоту підставки для ніг, якщо

вона використовується і висоту робочої поверхні. Залежно від необхідної точності та частоти рухів, робочі завдання повинні виконуватися в певних зонах робочого місця.

Конструкція робочого місця повинна гарантувати стійку позу і свободу рухів для працівників, а також безпеку робочих операцій, що допускається в окремих випадках, коли робота виконується в незручних положеннях, які підвищують ступінь втоми.

Щоб забруднення повітря не впливало негативно на здоров'я працівників, необхідно дотримуватися стандартів для механічних робіт з

НУБІП України
 урахуванням розташування робочого місця та особливостей конструкції машин, що експлуатуються.

Робочі органи машини повинні бути добре видимими з робочого місця, повинна бути забезпечена нормальна видимість.

НУБІП України
 Потрібно забезпечити належне освітлення. Загальні робочі вузли, які необхідно бачити, повинні бути освітлені на рівні від 2 до 20 лк.

При проектуванні машин слід приділяти увагу зменшенню вібрації та трясінню: тривалість одного імпульсу повинна бути не менше 0.03

НУБІП України
 імпульсу має бути більший 0,03с, прискорення- менше 30 cm/s^2 , а вібрація, що передається на руки працівника, повинна бути менше 400 cm/s^2 .

Крім того, слід звернути увагу на зниження рівня шуму. У нормальному положенні тіла людини, яка працює з машиною, шум повинен бути в певних

межах:

Частота коливань джерела шуму, Гц	Шум, дБ
До 350...	Від 100 до 90
350-800...	90 - 85
Вище 800...	85 - 75

НУБІП України
5.4 Заходи для уникнення і поведінки під час пожежі.

Пожежі викликані певними причинами, які зазвичай завдають помітної матеріальної шкоди, а іноді навіть призводять до летального випадку.

Сумарна частина пожеж на господарствах викликані наступними причинами:

НУБІП України
 1) 1/3 всіх пожеж відбувається по при невиконанні правил експлуатації електроустановок. Частою причиною пожеж є невісні несправності, відхилення від правил експлуатації та встановлення електроустановок; відсутність ізоляції дротів, коротке замикання в електромережі або електродвигунів; зміни температурного режиму, плавлення ізоляції, іскріння в електроприладах; неправильне зберігання чи некоректне розміщення

НУВІП України

легкозаймистих речовин та матеріалів, які розміщені неподалік з електроприладами;

2) близько 1/4 всіх пожеж виникають через загрозливе ставлення до вогню. До таких причин належать куріння у невстановлених місцях, робота біля відкритого вогню для виконання конкретних завдань, таких як ремонт обладнання, спалювання рослинних залишків рослин на полях, а також для освітлення приміщень і т.п.;

НУВІП України

3) 20% від усіх пожеж. Пожежі сталися через недотримання правил пожежної безпеки або несправності при використанні печей чи неполадки з димоходом. До таких випадків входять відсутність аркушів для розпалу, утворень тріщини в димоходах, використання різних типів вентиляційних каналів замість димоходів, а також недотримання будівельних норм при будівництві димоходів і т.п.;

НУВІП України

4) приблизно 10 % всіх пожеж починаються через забави дітей з вогнем;
5) іскри від вихлопних газів машин або котлів. Дія група пожеж виникає через несправність або відсутність вогнегасників. При засушливих погодних явищах в лісах також можуть виникати пожежі, у трубах котельнь та інших опалювальних приміщеннях через проблеми з іскроуловлювачами;

НУВІП України

6) недотримання правил пожежної безпеки при використанні газового, бензинового та іншого обладнання, що працює на рідкому паливі;

НУВІП України

7) ігнорування правил пожежної безпеки при проведенні зварювальних робіт або використання інших видів вогню на різних підприємствах;

НУВІП України

8) нехтування технологіями виробництва або поломка виробничого обладнання. Наприклад, тюкування вологої соломи іноді може призвести до самозаймання скірт соломи, неправильний процес складання люцернового борошна так само може призвести до загорання куп;

НУВІП України

9) атмосферна електрика, а також грозові розряди

НУВІП України

Звертаючи увагу, що нехтування користуванням техніки чи її правил доволі часто має негативний результат. Для запобігання пожежам транспортних засобів необхідно дотримуватися певних умов:

1. У більшості автомобілів та сг-техніки вогнегасники розташовані в зручному для доступу місці, як правило поруч із сидінням водія. Вогнегасники поза кабіною повинні забезпечувати захист від опадів, сонячного світла та бруду.

2. У середині вантажного автомобіля вогнегасник зазвичай знаходиться в дальній частині кабіни.

3. Вогнегасник повинен бути поміщений в кабінку пасажирського автобуса, щоб забезпечити доступ через вхідні двері.

4. Через обмежений доступ до необхідного обладнання неможливо зберігати вогнегасники в багажнику обладнання (за винятком легкових автомобілів) або в кузові вантажівки.

5. Для запобігання загорання робочого обладнання не дозволяється:

1) Робота енергосистеми двигуна при неправильній роботі;

2) залишати поряд з технікою забруднені мастилом і паливом різні ганчірки;

3) допускати накопиченню на двигуні бруду, перемішаного з паливно-мастильними матеріалами;

4) забороняється нагрівати двигун відкритим полум'ям.

5) Знежирення або очищення двигуна, а також агрегату чи вузла з використанням бензину або інших легкозаймистих матеріалів.

Якщо виконувати ряд перелічених умов то рівень пожеж буде набагато менший.

НУБІП України

РОЗДІЛ 6. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ДАНОЇ КОНСТРУКЦІЇ.

Що дізнатися економічну ефективності необхідно порахувати всю суму для створення вібраційного вузла.

Таблиця 1

Найменування деталі	Вартість матеріалу, грн	Вартість виготовлення деталі, грн	Загальна вартість, грн
Циліндр вібраційного вузла	427	530	957
Підлога вала обертання	2240	1300	3540
Вал обертання	97	1450	1547
Шайба 1	200	400	600
Гайка м45 2	75+75	75	300
Шайба 2	250	150	400
Важіль	200	400	600
Болт м14	35		35
Шайба 3	5		5
Шайба 4	50+50	50+50	200
			7584

З даної таблиці отримуємо значення вартості створення вібраційного вузла на ґрунтообробний робочий орган .

Що дізнатися економічну ефективності необхідно розрахувати річну економію від зменшення експлуатаційних витрат, A_D , можна одержати за допомогою впровадження вібраційного вузла.

$$A_D = A_{\text{езе}} - A_i \times C_{\text{рве}} = 23132.88 - 0.15 * 92582 = 9253.08 \text{ грн.} \quad (5.1)$$

НУВБІП УКРАЇНИ

A_{eze} – економія заданих експлуатаційних витрат, грн.;

A_i – нормативний коефіцієнт ефективності;

$C_{рве}$ – разові витрати на розробку і впровадження нового експериментального плуга;

НУВБІП УКРАЇНИ

$$A_{eze} = A_{езп} + A_{ai} + A_{AD} + E_{IDOIC} = 0 + 23000 + 42.68 + 90.2 = 23132.88 \text{ грн.} \quad (5.2)$$

$A_{езп}$ – економія заробітної плати для працівників, грн.;

A_{ai} – економія на витраті палива, грн.;

НУВБІП УКРАЇНИ

A_{AD} – економія на вдосконалення, грн.;

E_{IDOIC} – економія на ремонті, і також ТО, грн.

Економія заробітної плати працівників $A_{езп}$, отримана за допомогою вібраційного вузла, може бути розрахована наступним чином:

НУВБІП УКРАЇНИ

$$A_{езп} = I_{an} \times (I_{oc} - \dot{I}_{an} * I_{oc} \div I_{aa}) = 0 \quad (5.3)$$

I_{an} – годинна ставка робітника з нарахуваннями, грн.;

I_{oc} – нормативне річне навантаження на плуга, год.;

\dot{I}_{an} – ефективність техніки під час виконання робіт з серійним ґрунтообробним робочим органом, га/год.;

НУВБІП УКРАЇНИ

I_{aa} – ефективність техніки під час виконання робіт з плугом обладнаним вібраційним вузлом, га/год.

$\dot{I}_{an} \times I_{oc} \div I_{aa}$ – строк плуга із вібраційним вузлом, який виконає річне навантаження, год.

НУВБІП УКРАЇНИ

Годинна тарифна ставка працівника I_{an} визначається наступним чином:

$$I_{an} = (E_1 + E_2) E_3 \times E_2 = 65 \text{ грн./год.} \quad (5.4)$$

I_a – годинна тарифна ставка без нарахувань, год.;

E_1 – коефіцієнт, що враховує величину додаткової заробітної плати робітника;

E_2 – коефіцієнт, що враховує нарахування за розрядність;

НУВБІП УКРАЇНИ

E_3 – коефіцієнт, що враховує всі соціальні нарахування на заробітної плату.

Економія витрат пального A_{ai} в роботі визначається:

$$A_{ai} = (I_{IDN} - I_{IDA}) \times W_D \times O_0 = 23000 \text{ грн.} \quad (5.5)$$

I_{IDN} – питомі затрати пального під час роботи плуга, кг/га;

I_{IDA} – питома затрата пального під час роботи плуга з вібраційним вузлом, л/га;

O_0 – ціна за 1л паливо-мастильних матеріалів, грн.;

W_D – річне навантаження на плуг, га.

$$W_D = I \times I_{DC} = 1 \times 1000 = 1000 \quad (5.6)$$

I – ефективність праці експериментального плуга, га/год.

I_{DC} – нормативне річне навантаження на плуг, год.

Економія з відрахувань на удосконалення:

$$A_{AD} = E_{IDOIC} + A_{IDOIC} = 27.88 + 14.8 = 42.68 \text{ грн} \quad (5.7)$$

E_{IDOIC} – економія з відрахуванням на удосконалення техніки, грн.;

A_{IDOIC} – економія з відрахуванням на удосконалення плуга, грн.;

Економію по нормативним річним затратам на удосконалення техніки визначаємо наступним чином:

$$E_{IDOIC} = [(\frac{O_0}{1000} * a_{TDO}) / I_F] (I_{TCI} - t_{TE}) = 27.88 \text{ грн.} \quad (5.8)$$

O_0 – оптова ціна техніки, грн.;

a_{TDO} – нормативне річні затрати на удосконалення технології, %;

I_F – нормативне зональне навантаження на техніку, год.;

I_{TCI} – нормативне річне навантаження на плуг, год.;

t_{TE} – строк, за який техніка з вібраційним вузлом виконає річний обсяг роботи, год.;

$$t_{TE} = \frac{(I_{cn} \times I_{ca})}{I_{ca}} = \frac{(1000 \times 1)}{1} = 1000 \quad (5.9)$$

I_{ca} – ефективність техніки під час робіт з серійним плугом, га/год.;

I_{cn} – ефективність техніки під час робіт з вібраційним вузлом, га/год.;

Економію по затратах на покращення плуга розраховуємо таким чином.

$$A_{IDOIC} = \left[\left(\frac{O_I}{1000} \times a_{DI} \right) / I_{CI} \right] (I_{CI} - t_E) = 14.8 \text{ грн} \quad (5.10)$$

a_{DI} – нормативно річні затрати на покращення плуга, 16 %;

I_{CI} – нормативне річне навантаження на плуга, 1000 год.;

O_I – оптова вартість плуга з вібраційним вузлом з врахуванням всі 3-х корпусів дорівнює 92532 грн.

Розрахунок економії з ремонту, а також ТО, грн.

$$A_{DOIC} = E_{IDOIC} + A_{IDOIC} = 75.4 + 14.8 = 90.2 \quad (5.11)$$

E_{IDOIC} – економія по нормативних річних затрат на КР та ТО, а також збереження техніки, грн.;

$$E_{IDOIC} = \left[\left(\frac{O_{TI}}{1000} \times a_{TIDOIC} \right) / I_{TCI} \right] (I_{TCI} - t_{TE}) = 75.4 \quad (5.12)$$

де a_{TIDOIC} – всі можливі нормативні річні затрати на КР та ТО, а також збереження техніки, грн.;

A_{IDOIC} – економія по нормативним річних затратах на КР та ТО, а також збереження техніки, грн.;

$$A_{IDOIC} = \left[\left(\frac{O_I}{1000} \times a_{IDOIC} \right) / I_{CI} \right] (I_{CI} - t_E) = 14.8 \quad (5.13)$$

a_{IDOIC} – нормативні річні затрати на КР та ТО, а також збереження техніки,

Економічна продуктивність за весь строк використання техніки з вібраційним вузлом визначається:

$$A = A_D \times N_A = 23000 \times 6 = 138000 \quad (5.14)$$

A_D – річний економічний ефект, грн.;

N_A – строк використання техніки, років.

Термін окупності N_{IE} разових затрат на створення і впровадження експериментального вібраційного вузла плуга

$$N_{IE} = C_A / A_D = 92532 / 23000 = 4.02 \quad (5.15)$$

C_A – разові затрати на створення і впровадження вібраційного вузла, грн.;

A_D – річний економічний ефект від зменшення експлуатаційних витрат, грн.

НУБІП України

Таблиця 2. Результати попередніх розрахованих даних економічної ефективності вібраційного вузла.

Показники	Позначення	Одиниця вимірювання	Базова комплектація	Вібраційний вузол
Річне навантаження на плуг	W_D I_{DA}	га год.	1000 1000	1000 1000
Ефективність	I	га/год.	1	1
Робоча швидкість руху	V_0	км/год.	до 9	
Питома затрата пального за 1 год. основної роботи	H_{A1}	кг/га	15.5	14.5
Вартість 1 кг палива	Q_1	грн.	58	
Вартість на затрати палива	A_{A1}	грн/га	899	841
Обслуговуючий персонал		чол.	1	
Годинна тарифна ставка з нарахуваннями	I_{AN}	грн.	65	
Нормативний коефіцієнт ефективності	A_j	-	0,15	

НУБІП України

Річний економічний ефект	$A_{\text{д}}$	грн.	23000
--------------------------	----------------	------	-------

Оптова вартість плуга	O_1	грн.	63000
Оптова вартість техніки	O_0	грн.	290000

Нормативне річне відрахування на удосконалення техніки	$a_{\text{до}}$	%	12,5
--	-----------------	---	------

Нормативне річне завантаження плуга	I_c	год	1000
-------------------------------------	-------	-----	------

Нормативне річне відрахування на ТО трактора	$a_{\text{ТОДТ}}$	%	26
--	-------------------	---	----

Нормативне річні затрати на ТО плуга	$a_{\text{ТОДП}}$	%	16
--------------------------------------	-------------------	---	----

НУБІП України

НУБІП України

ВИСНОВКИ

В результаті дослідження в галузі процесів по обробці ґрунту та знарядь, ми можемо зробити наступні висновки, по деяким недолікам в сучасних конструкціях ґрунтообробної техніки.

Ми провели аналіз існуючих конструкцій плугів, і визначили їхні мінуси та плюси використовувавши дані з компаній якими ми користувались.

Було проведено обґрунтування конструктивних та геометричних параметрів робочого органу плуга в процесі роботи, та були проведені розрахунки за формулами Каньяра, Лапласа і Фур'є-Ханкеля.

Визначено порівняння в перевагах удосконаленого плуга що дає змогу зменшити прилипання землі на частину робочого органу.

Було проведена робота при використанні інформаційної системи Comras та бібліотеки APM FEM для моделювання стану компонентів навантаження.

Досліджено дані в сфері охорони праці і життязабезпечення людей, що найняті чи прийняті на роботу в підприємство. Ми розглянули правила прийому до місця роботи згідно з законодавством України про охорону праці, і беручи до уваги поняття про охорону середовища. Правила безпеки при пожежах, основне в яких має керівне місце в сільському господарстві.

Проведено розрахунок економічної ефективності головних показників, за допомогою чого, ми можемо спостерігати, що запропонована конструкція вібраційного вузла надає можливість зекономити деякі затратені кошти на удосконалення, за строк що дорівнює близько 71 робочий день, а за рік надає можливість зекономити 23000 грн., що насправді є гідним результатом для розробок подібного типу. Я впевнений, що така технологія буде затребувана, завдяки низькій ціні, високій ефективності та сучасності розробок.

НУБІП України

НУБІП України

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Пат. 57247 Україна, МПК А01В 59/048 Фронтальний плуг/ Лисицький С.І., Надикто В.Т., Любов А.М., Генюв О.І. Південний філіал інституту механізації та електрифікації сільського господарства - №2002054226; заявл. 23.05.2002; опубл. 16.06.2003, Бюл. №6.
2. Пат. 71367 Україна, МПК А01В 15/00 Корпус плуга/ Гріпачевський М.С., Марченко Д.Д. – №201200047; заявл. 03.01.2012; опубл. 10.07.2012; Бюл. №13.
3. Пат. 41963 Україна, МПК А01В 5/00 Комбінований плуг/ Грабчак І.В., Рудь А.В. - №200801953; заявл. 15.02.2008; опубл. 25.06.2009, Бюл. №12.
4. Пат. 69617 Україна, МПК А01В 15/00 Корпус плуга/ Войтік А.В., Головчук А.Ф., Мелентьєв О.Б., Пушка О.С. Уманський національний університет садівництва - №201111463; заявл. 28.09.2011; опубл. 10.05.2012; Бюл. №9.
5. Пат. 69170 Україна, МПК А01В 15/00 Корпус плуга/ Кобець А.С., Пугач А.М. Дніпропетровський державний аграрний університет – №201110876; заявл. 12.09.2011; опубл. 25.04.2012; Бюл. №8.
6. Войтюк Д.Г., Яцун С.С., Довжик М.Я. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Навчальний посібник/ За ред. Д.Г. Войтюка. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2008. – 543 с.
7. Т47 Геометричні основи проектування поличних робочих органів: монографія/ С. С. Тищенко, В. В. Карась. – Дніпро: ТОВ «Домінанта-Прінт», 2019. – 356 с.
8. Пат. 43656 Україна, МПК А01В 15/00 Плуг/ Кобець А.С., Дирда В.І., Науменко М.М., Кобець О.М., Волик Б.А., Пугач А.М., Слаква С.О. - №200903031; заявл. 30.03.2009; опубл. 25.08.2009, Бюл. №16.
9. Пат. 55371 Україна, МПК А01В 63/111 Віброплуг/ Ловеїкін В.С., Човнюк Ю.В., Дяченко Л.А. Національний університет біоресурсів і

природокористування - №201007268; заявл. 11.06.2010; опубл. 10.12.2010,
Бюл. №23.

10. Б. Н. Воронин, Н.Н.Майстренко, А. В. Еремін, О. Г. Майстренко

Плоскорезная на дерново – подзолистой почве. – Земледелие – 1992–№3 ст.
25.

11. Бабицкий Л.Ф. Деформація ґрунту залежно від форми робочого органу//
Вісник с.-г. науки. —1978.- № 6, - С. 84–87.

12. Быстров М. П. Распределения сил нормального давления на передней
части корпуса плуга // Проектирование рабочих органов плуга с.-х. машин:

Сб. статей – Ростов-на-Дону с. 25–33.

13. Войтюк Д.Г., Яцун С.С., Довжик М.Я. Сільськогосподарські машини:

основи теорії та розрахунку: Навчальний посібник/ За ред. Д.Г. Войтюка.

– Суми: ВТД «Університетська книга», 2008. – 543 с.

14. Войтюк Д.Г., Шилипака С.Ф. До визначення траєкторії руху частинок
ґрунту по циліндричних поверхнях робочих органів ґрунтообробних

знарядь// Механізація с.г. виробництва : 36 наук.праць НАУ. – т. V. – 1999.

– С. 242-250.

15. І.І. Агулов, Л.Ф. Вознюк, В.А.Гордієнко. Довідник по зберіганню
сільськогосподарської техніки – К.: Урожай, 1988. – 104с. – (література для
кабінету інженера).

16. В.І Кочев, А.С. Кушнар'ов, В.Д. Роговий та ін. За ред. В.І. Кочева.

3Довідник по регулюванню сільськогосподарських машин, – 2-ге вид.
перероб. і доп. -К.: Урожай, 1993. – 264 с. : іл – ISBN 5-337-01155-3

17. Бабицкий Л.Ф. Біонічні напрямки розробки ґрунтообробних машин. – К.:

Урожай, 1998. – 164 с.

18. Пат. 31573 Україна, МПК А01В 17/00 Плуг з вібраційною підвіскою/

Ловейкін В.С., Криворучко О.С., Пушкар І.А. Національний аграрний
університет - №200714675; заявл. 25.12.2007; опубл. 10.04.2008, Бюл. №71

19. Кльєткін М.І. Довідник конструктора сільськогосподарських машин Т. 2. М., вид-во "Машинобудування", 1967.

20. Сільськогосподарські машини Д. Г. Войтюк, Г. Р. Гаврилюк 2004 р. 448 с.

21. Експлуатація машинно-тракторного парку // За заг. ред. Р.Ш. Хабатова. - М.: ІНФРА-М, 1999.

22. Карпенко О.М., Халанський В.М. Сільськогосподарські машини. - 6-е вид., Перероб. та дод. - М.: Агропромиздат, 1989. - 527 с: іл.

23. Гудзь В.П. Адаптивні системи землеробства: підруч. / В. П. Гудзь, І. Д.

При- мак - К.: Центр учбової літератури, 2007. - 336 с.

24. Землеробство з основами ґрунтознавства і агрохімії : підруч. / Гудзь В.П., Лісовал А.П., Андрієнко В.О. - К.: Центр учбової літератури, 2007. - 406 с.

25. Примак І.Д. Механічний обробіток ґрунту в землеробстві : навч. посіб. / Примак І.Д., Гудзь В.П., Рошко В.Г. - Б.Церква, 2002. - 320 с.

26. Примак І. Д. Ерозія і дефляція ґрунтів та заходи боротьби з ними : навч. посіб. / Примак І.Д., Гудзь В.П., Вахній С.П. - Б. Церква, 2001.-392 с.

27. Бур'яни та заходи боротьби з ними. Малько Ю. П, Учб. - мет. Центр Мінагро. Укр.. 1998

28. Система ведення с/г Херсонської області: (наукове супроводження «Стратегії економічного та соціального розвитку Херсонської області до 2011 року»). - Херсон: Айлант, 2004. - 264 с

29. Рослинництво: Підручник/ О. І. Зінченко, В. Н. Салатенко, М. А.

Білоножко; За ред. О. І. Зінченка. - К.: Аграрна освіта, 2001. - 591 с.: іл.

30. Войтюк Д.Г., Дубровін В.О., Іщенко Г.Д. та ін. «Сільськогосподарські машини та меліоративні машини» Київ, «Вища освіта» 2004

31. Гапоненко В.С., Войтюк Д.Г. «Сільськогосподарські машини» — 6-е вид., перероб. і допов. — К.: Урожай, 1992. — 448 с.

32. Марченко В.І. «Сільськогосподарські машини» Підручник — К.: Вища шк., 1999. — 344 с.

НУБІП України

33. Методичні рекомендації «Машини для основного обробітку ґрунту»,
Дніпропетровськ 2006.

34. Халанський В.М., Горбачов І.В. Сільськогосподарські машини. - М. :
Колос, 2004. - 624 с.

35. Кленин Н.І., Єгоров В.Г. Сільськогосподарські і меліоративні машини. - М.
.: Колос, 2003. - 465 с.

36. Тарасенко А.П. та ін. Механізація і електрифікація
сільськогосподарського виробництва. - М. : Колос, 2006. - 551 с.

37. Кленин Н.І., Кисельов С. М., Левшин А.Г. Сільськогосподарські машини.
- М., Колос, 2008. - 816 с.

38. Сільськогосподарські машини. Основитеорії та розрахунку : Підручник /
[Д. Г. Войтюк, В. М. Барановський, В. М. Булгаков та ін.]; за ред. Д. Г.
Войтюка. – К.: Вища освіта, 2005. – 464 с.: іл.

39. Войтюк Д. Г. Сільськогосподарські та меліоративні машини / [Д. Г.
Войтюк, В. О. Дубровін, Т. Д. Іщенко та ін.]; за ред. Д. Г. Войтюка. – К. :
Вища совіта, 2004. – 544 с.; іл.

40. Халаїнський В. М. Сільськогосподарські машини / В. М. Халаїнський, І.
В. Горбачов. - М.: Колос, 2004. - 624 с.: Іл.

41. Дацишин О.В. Дипломне та курсове проектування. – К.: Урожай, 1996.
192 с.

42. Войтюк Д.Г., Гаврилюк Г.Р. Сільськогосподарські машини. – К.: Урожай.
1994. – 448с.

43. Ільченко В.Ю. Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному
виробництві. – К.: Урожай, 1993. – 287 с.

44. Войтюк Д. Г., Яцун С. С., Довжик М. Я. Сільськогосподарські машини:
основи теорії та розрахунку : навч. посіб. / за ред. Д. Г. Войтюка. Суми :
Університетська книга, 2008. 544 с.: іл.

45. Кобець А. С., Пугач А. М. Теорія і розрахунок сільськогосподарських
машин : практикум. Дніпропетровськ : Вид-во “Свідлер А.Л.”, 2011. 164 с.

46. Войтюк Д.Г., Гаврилюк Г.Р. Сільськогосподарські машини. Київ:

Каравела, 2018. 552 с

47. Бакум М.В. та ін. Сільськогосподарські машини. Частина 2. Машини для внесення добрив. Харків: ХНТУСГ, 2008. Т.2. 288 с.

48. Грунтознавство: підручник / Д. Г. Тихоненко, М. О. Горін, М. І. Лактіонов та ін.: /за ред. Д. Т. Тихоненка. – К. : Вища освіта, 2005. – 703с.

49. Лімонт А.С., Лильник І.І. та інші Практикум Із машиновикористання в рослинництві. Київ, Кондор, 2004.

50. Орманджи К.С. «Правила производства механизированных работ в полеводстве», 1983.

51. Babitsky L., Belov A., Moskalevich V. Theoretical substantiation on the parameters of the mechanism of autoresonant vibroimpact interaction of cultivator claws with soil. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering/ (ERSME 2020). 1001 (2020) 01234.

52. Buryanov A.I., Ignatenko V.I., Ignatenko I.V., Vyalikov I.L. Experimental study of reclining the cultivator's paws on spring racks. MAPEC Web of Conference. (DTS-1018). 2018. **226**, 01029.

53. Padalka V., Liashenko S., Kalinichenko A., Burlaka O., Sakalo V., Padalka Y. Modeling of Resonance Phenomena in Self – Oscillating System of Agricultural Machines. 2021 IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems. (MEES). Kremenchuk, Ukraine, 2021. Pp. 1-6.

54. Dobachevsky Y.P. Ploughing quality and energy consumption depending on plough bodies type. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2021. **1030**, 012154 (2021).

55. Panov A., Mosyakov M., Semichev S., Plyaka V., Lylin N., Mekhedov M. Comparative tests of ridging cultivators with active and passive working tools. E3S Web of Conferences. 2021. **264**, 04017. (CONMECHYDRO – 2021).

56. Gonzalez-Acuna, Rafael G., Gutierrez-Nega, Julio. Transition integral transform obtained from generalization of the Fourier transform. Ain Shams Engineering Journal. 2019. **10**(4): Pp. 841-845.

57. Jarad Fahd, Abdeljawad Thabet. A modified Laplace transform for certain generalized fractional operators. Results in Nonlinear Analysis. 2018. **1**(2): Pp. 88-98.

58. Koepf Wolfram, Kim Insuk, Rathie Arjun K. On a New Class of Laplace – Type Integrals involving Generalized Hypergeometric Functions. Axioms. 2019. **8**(3): pp. 87.

59. Ahmadi S.A.P., Hosseinzadeh H., Cherati A.Y. A new integral transform for solving higher order linear ordinary differential equations. *Nonlinear Dynamic System Theory*. 2019. **19** (2). P.p. 243-252.
60. Baleanu D., Wu G. Some further results of the Laplace Transform for variable – order fractional difference equations. *Fract. Calcul. Appl. Anal.* 2019. **22** (6). Pp. 1641-1654.
61. Bresse L.F. Transient generation of elastic waves in solids by a disk shaped normal force source /L.F. Bresse, D.A. Hut - chins // *J. Acoust. Soc. Amer.* – 1989. – Vol. 86, №2 – P. 810-817
62. De A. Transient response of an elastic half space to normal pressure acting over a circular area on an inclined plane / A. De, A. Roy // *J. Eng. Math.* – 2012. – Vol.74. – P. 119-141.
63. Duffy D.G. Transform methods for solving partial differential equations / D.G. Duffy. – New York: Chapman and (&) Hall / CRC Press, 2004. – 728 p.
64. Eason G. The stresses produced in a semi-infinite solid by a moving surface force / G. Eason // *Int. J. Eng. Sci.* – 1965. – Vol.2, No.6 – P. 581-609.
65. Eason G. The displacements produced in an elastic half-space by a suddenly applied surface force / Eason G. / *Inst. Math. Appl.* – 1966. – Vol.2 - P. 299-326.
66. Ghosh S.C. Disturbance produced in an elastic half-space by impulsive normal pressure / S.C. Ghosh // *Pure and appl. Geophysics.* - 1970. - Vol. 80, No. 1. - P. 71-83.
67. Kubenko V.D. Stress State of an Elastic Half-Plane under Non-stationary Loading / V.D. Kubenko // *Int. Appl. Mech.* – 2015. – Vol. 51, No. 2. – P. 121–129.
68. Kubenko V.D. Non-stationary Load on the Surface of an Elastic Half-Strip / V.D. Kubenko, I.V. Yanchevsky // *Int. Appl. Mech.* – 2015. – Vol. 51, No. 3. – P. 303-310.
69. Kubenko V.D. Nonstationary distributed axisymmetric load on an elastic half-space / V.D. Kubenko, I.V. Yanchevsky // *J. Eng. Math.* DOI 10.1007/s10665-014-9778-2.
70. Kubenko V.D. On a non-stationary load on the surface of a semiplane with mixed boundary conditions // V.D. Kubenko // *ZAMM.* – 2015.- Vol.95, No. 12. – P. 1448-1460.
71. Kutzenko A. G. Displacements of the elastic half-space surface caused by instantaneous axisymmetric loading /A.G. Kutzenko, A.F. Ulitko, V.N. Olynik // *Int. J. Fluid Mech. Res.* – 2001. – Vol. 28, No. 1-2. – P. 258-273.
72. Laturelle F.G. Finite element analysis of wave propagation in an elastic half-space under step loading / F.G. Laturelle // *Comput. and struct.* - 1989. – Vol. 32, No. 3-4. – P. 721-735.
73. Laturelle F.G. The stresses produced in an elastic half-space by a normal step loading over a circular area: analytical and numerical results / F.G. Laturelle // *Wave Motion.* – 1990. – Vol. 12. – P. 107-127.

74. Laturelle F.G. The stresses produced in an elastic half-space by a pressure pulse applied uniformly over a circular area: role of the pulse duration / F.G. Laturelle // *Weve Motion.* – 1991. – Vol. 14. – P. 1-9.

75. Meish V.F. Non-stationary Dynamics of Longitudinally stiffened Cylindrical Shells of Elliptic cross section / V. F. Meish, N.P. Keppenach // *Int. appl. mech.* – 2014. – Vol. 50, No. 6. – P. 83-89.

76. Mitra M. Disturbance produced in an elastic half-space by impulsive normal pressure / M. Mitra // *Math. Proc. Cambr. Phil. Soc.* – 1964. – Vol. 60, No. 3. – P. 683-696.

77. Molotkov L.A. On the vibrations of homogeneous elastic half-space under the action of a source applied to a uniformly expanding circular region / L.A. Molotkov // *J. Appl. Math and Mech.* – 1967. – Vol. 31 – P. 232-243.

78. Roy A. Response of an elastic solid to non-uniformly expanding surface loads / A. Roy // *Int. J. Eng. Sci.* – 1979 – Vol. 17. – P. 1023-1038.

79. Singh S. K. Response of an elastic half-space to uniformly moving circular surface load / S.K. Singh // *Trans. ASME. J. Appl. Mech.* – 1970. – Vol. 37, No. 1. – P. 109-115.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України