

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

Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

ПАВЛУЩЕНКО ВЛАДИСЛАВ ВОЛОДИМИРОВИЧ

УДК 631.3.01:631.3.03

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ МАШИН ДЛЯ МІНІМАЛЬНОГО
ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ**

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня магістр

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ В. В. Павлущенко

Керівник роботи

Заєць М. Л.

кандидат технічних наук, доцент

АНОТАЦІЯ

Павлущенко Владислав Володимирович. Обґрунтування параметрів машин для мінімального обробітку ґрунту. – *Кваліфікаційна робота на правах рукопису.*

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістр за спеціальністю 208 Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2024.

В представленій кваліфікаційній роботі розглянуто питання обґрунтування параметрів машини для мінімального обробітку ґрунту, шляхом модернізації комбінованого ґрунтообробного широкозахватного знаряддя.

Проведено аналіз видів та способів мінімального обробітку ґрунту, встановлено основні недоліки та переваги даних способів обробки. У нашому випадку для поєднання операцій розпушування, вирівнювання та прикочування ґрунту за один прохід агрегату зі створенням ущільненого ложа на глибині заробки насіння запропоновано застосувати комбіновану машину типу АКШ.

Дослідженнями встановлено, що для нормального проростання насіння його має бути покладено на ущільнене ложе та закрито пухким мульчованим шаром. Ущільнений шар (ложе) дерново-підзолистих ґрунтів повинен мати щільність 1,1-1,3 г/см. Верхній мульчувальний шар захищає щільне ложе від випаровування вологи і висушування, через нього відбувається повітрообмін і надходження тепла. За виконання цієї вимоги забезпечується якісна сівба.

Запропоновано конструкційно-компоновочну схему комбінованого напівнавісний агрегату, який призначений для передпосівного обробітку. Агрегат за один прохід виконує розпушування, вирівнювання та коткування ґрунту зі створенням ущільненого ложа на глибині висіву насіння. Ширина захвату агрегату 3,6 м, робоча швидкість 8...10 км/год, продуктивність 3...3,67 га/год, глибина обробітку 5...8 см, маса 2.06 т. Машина агрегується з трактором класу 2 і 3.

Ключові слова: обробіток, лапа, каток, агрегат, модель, продуктивність.

ANNOTATION

Pavlushchenko Vladyslav Volodymyrovych. Justification of parameters for machines for minimal soil tillage. – Qualification work in manuscript form.

Qualification work for obtaining a Master's degree in the specialty 208 Agricultural Engineering. – Polissia National University, Zhytomyr, 2024.

This qualification work addresses the justification of parameters for a machine designed for minimal soil tillage through the modernization of a combined wide-grip tillagetool.

An analysis of the types and methods of minimal soil tillage was conducted, identifying the main advantages and disadvantages of these methods. In this study, to combine the operations of loosening, leveling, and compacting the soil in one pass of the unit while creating a compacted seedbed at the depth of seed placement, a combined machine of the AKIII type was proposed.

Research has established that for optimal seed germination, seeds must be placed on a compacted seedbed and covered with a loose mulched layer. The compacted layer (seedbed) of sod-podzolic soils should have a density of 1.1–1.3 g/cm³. The upper mulching layer protects the compacted seedbed from moisture evaporation and drying while facilitating air exchange and heat transfer. Meeting these conditions ensures high-quality sowing.

A structural-layout scheme for a combined semi-mounted unit designed for pre-sowing soil preparation was proposed. The unit performs soil loosening, leveling, and compacting in one pass, creating a compacted seedbed at the depth of seed placement. The unit has a working width of 3.6 m, a working speed of 8–10 km/h, a productivity of 3–3.67 ha/h, a tillage depth of 5–8 cm, and a weight of 2.06 tons. It is compatible with class 2 and 3 tractors.

Keywords: tillage, tine, roller, unit, model, productivity.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1.АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ДОДАТКОВОГО МІНІМАЛЬНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ	
1.1.Короткий огляд машин і робочих органів.....	7
Висновки до розділу 1.....	14
2.МОДЕЛЮВАННЯ КОМБІНОВАНОГО ШИРОКОЗАХВАТНОГО АГРЕГАТУ	
2.1 Обґрунтування запропонованої моделі машини.....	15
2.2 Пристрій і робочий процес запропонованого агрегату АКШ.....	16
2.3 Технологічні та конструктивні розрахунки запропонованої машини.....	20
Висновки до розділу. 2.	28
3.РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЮВАННЯ АГРЕГАТУ ДЛЯ МІНІМАЛЬНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ	
3.1. Модель компоновки агрегату поверхневого обробітку.....	29
3.2.Методи досліджень.....	30
3.3. Результати досліджень.....	30
Висновки до розділу 3.....	33
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	35
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	36

ВСТУП

Актуальність теми. Збільшення виробництва продукції, як рослинництва, так і тваринництва є основними завданнями сільського господарства. Вирішення цих завдань перебуває в прямій залежності від рівня культури землеробства. Від своєчасного і правильного обробітку ґрунту залежить підвищення його родючості та створення оптимальних умов для розвитку оброблюваних рослин.

Для поверхневого або передпосівного обробітку ґрунту використовують дископодібні та зубові борони, культиватори, котки тощо. Види передпосівного обробітку ґрунту, а також їхня кількість залежать від оброблюваної культури та ґрунтово-кліматичних умов. Однак будь-який агрегат неминуче ущільнює ґрунт і встановлено, що трактор за три проходи ущільнює зораний ґрунт до первісного стану. Дослідження також показали, що збільшення кількості операцій обробітку ґрунту веде до погіршення його структури, висушування кореневмісного шару, сприяє розвитку ерозії ґрунту тощо. Усе це веде до зниження врожаю сільськогосподарських культур.

У зв'язку з цим найперспективнішим напрямком у розвитку механізації обробітку ґрунту є комбіновані машини та агрегати, що дають змогу за один прохід виконувати кілька операцій. Застосування комбінованих агрегатів дає змогу завантажити енергонасичені трактори, що звичайними операційними агрегатами не завжди надається можливим зробити. Тому застосування високопродуктивних комбінованих агрегатів, що поєднують технологічні операції обробітку ґрунту, дає великий агротехнічний та економічний ефект.

Мета кваліфікаційної роботи є: підвищення ефективності мінімального обробітку ґрунту, шляхом обґрунтування параметрів агрегату комбінованого широкозахватного типу АКШ.

Необхідно вирішити наступні задачі:

- виконати аналіз конструкцій машин для мінімального поверхневого обробітку і принципів їх роботи;

- провести розробку компоновочно-конструкційної запропонованої схеми агрегату;

- визначити оптимальні параметри широкозахватного агрегату;

- провести дослідження по ефективності застосування отриманих результатів.

Об'єкт дослідження – технологічний процес мінімального обробітку ґрунту.

Предмет дослідження – взаємозв'язок між конструкційними і технологічними параметрами агрегату комбінованого широкозахватного.

Методи дослідження. Дослідження проводились із застосуванням методів механіки та моделювання, теорії розрахунку робочих органів машин, методи розв'язку оптимізаційних задач.

Перелік публікацій автора за темою роботи:

1. Заєць М. Л. Аналіз компоновок агрегатів для мінімального обробітку ґрунту М. Л. Заєць, к.т.н., , В. В. Павлущенко, Х Міжнародної науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь». Житомир: ЖТФК, 2024. С. 134-137.

2. Заєць М. Результати досліджень оптимальних параметрів робочих органів машин/ М. Заєць, В. В. Павлущенко // Матеріали ХХV міжнародного науково-практичного форуму. Львів: ЛНУП., 2024. С. 403-406.

3. Заєць М. Л., В. В. Павлущенко Обґрунтування параметрів робочих органів для вертикального обробітку ґрунту. Зб. тез доп. ХХV Міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки" НУБіПУ. Київ. 2024. С. 70-74.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 11 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 36 сторінок комп'ютерного тексту, 20 рисунків.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ДОДАТКОВОГО МІНІМАЛЬНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

1.1.Короткий огляд машин і робочих органів

У господарствах нашої країни найпоширенішим є агрегат комбінований широкозахватний АКШ-3,6 (6,0; 7,2 тощо) АКШ-3,6 – комбінований агрегат швидкісного поверхневого обробітку ґрунту, який успішно застосовують як у стандартних, так і з мінімальним обробітком ґрунту, виконуючи за один прохід необхідну кількість операцій з підготовки ґрунту під сівбу. (рис. 1.1).



Рис 1.1. Агрегат комбінований широкозахватний АКШ-3,6.[1,2]

Даний комбінований ґрунтообробний агрегат АКШ-3,6-02 призначений для поверхневого обробітку всіх типів ґрунтів по фонах культивації та оранки із закладенням розвальних борозен (гладка оранка), машина з достатньою якістю виконує розпушення, вирівнювання з ущільненням поверхні поля із створенням у посівному горизонті достатньо ущільнене ложе для насінин, що забезпечує енергоощадний комплексний обробіток ґрунту. Крім того, передбачено заміну лопатевих батарей на секції зі стійками АКШ, що дає змогу переобладнати його в АКШ-3,6-02. (рис. 1.2). [1,2]



Рис. 1.2. Модернізований агрегат АКШ-3,6-02.

Переваги АКШ-3,6-02 перед АКШ-3,6:

- Ротаційні робочі органи суттєво покращують подрібнення ґрунту та рослинних залишків, а також сприяють якісному подрібненню ґрунтового горизонту.
- Дозволяють проводити підготовку ґрунту без основного обробітку, оранки та необхідності попередньої культивування.
- Удосконалення конструкції корпусного вузла котків, дає можливість виключити використання швидкозношуваних сферичних елементів.
- Забезпечується ефективно вирівнювання поверхні ґрунту завдяки застосуванню лопатевих батарей.
- Робочі органи мають оптимальні кути атаки, що сприяє кращому перемішуванню ґрунту з рештками.
- Ефективно працює на торфовищах і чорноземах завдяки ротаційним робочим органам і трубчастим коткам. [1,2]

Ґрунтообробний комбінований агрегат Centaur виробництва AMAZONE

Культиватор Centaur (рис. 1.3) - це багатофункціональна ґрунтообробна комбінована машина для безплужного землеробства.



Рис. 1.3 Ґрунтообробний комбінований агрегат Centaur[3]

Широка сфера застосування охоплює: екстремально рівний обробіток пожнив'яних агрофонів, надійне, інтенсивне переміщення залишків культур і ґрунту на середній робочій глибині, а також глибоке розпушування. Залежно від робочої глибини обробітку ґрунту, для кожного з перерахованих вище робочих процесів є спеціальні робочі органи, що слугують для максимальної оптимізації результатів роботи. Для більш швидкого переобладнання Centaur з робочого положення в транспортне, моделі з робочою шириною захвату 5, 6 і 7,5 метра випускаються такими, що гідравлічно відкидаються. Моделі з робочою шириною захвату 3 і 4 метри поставляються з жорсткою рамою. Centaur створює оптимальні передумови для подальшого, успішного мульчованого посіву.

Комбінований агрегат АКП-5

Комбінований агрегат АКП-5 (рис. 1.4) [4,5] призначено для мінімального поверхневого обробітку ґрунту без обороту пласта під сівбі озимих, технічних та колосових культур після непарових попередників.



Рис. 1.4 Комбінований агрегат АКП-5[1,6]

За один прохід виконує такі операції:

- Розпушення верхнього шару ґрунту.
- Розпушення нижнього шару з повним підрізанням бур'янів і залишків рослин.
- Додаткове подрібнення ґрунту та вирівнювання поверхні поля.
- Прокатування та ущільнення нижніх шарів ґрунту з одночасним подрібненням грудок у верхньому горизонті.
- Агрегатується з тракторами тягового класу 5.

Агрегат комбінований ґрунтообробний АКШ-7,2-02

Агрегат комбінований ґрунтообробний АКШ-7,2-02 (рис. 1.5) призначений для передпосівного обробітку всіх типів мінеральних ґрунтів по фонах культивування та оранки із закладенням розвальних борозен (гладенька оранка), агрегат якісно виконує за один прохід розпушування, вирівнювання та прикочування ґрунту зі створенням у посівному шарі ущільненого ложа для насіння, що забезпечує мінімальний комплексний обробіток ґрунту. Крім того, передбачено заміну лопатевих батарей на секції зі стійками АКШ, що дає змогу переобладнати його на АКШ-7,2. [1,2]

Агрегат розроблено вперше в країнах східної Європи. Комплектація: ПП - два ряди планчастих котків, ТТ – два ряди трубчастих котків, ПТ - один ряд планчастих і один ряд трубчастих котків. [1,2]



Рис. 1.5 Комбінований ґрунтообробний широкозахватний агрегат АКШ-7,2-02.

Переваги:

- Ротаційні робочі органи значно покращують подрібнення ґрунту, залишків рослинних решток та структуру ґрунтового горизонту.
- Дають змогу виконувати підготовку ґрунту без оранки без потреби в попередній культивації.
- Удосконалений корпусний вузол котків дозволяє відмовитися від швидкозношуваних сферичних елементів.
- Високоякісне вирівнювання ґрунту досягається завдяки використанню лопатевих батарей.
- Оптимальні кути атаки робочих органів сприяють ефективному пересипанню та перемішуванню родючого шару ґрунту.

- Ефективно працює на торфовищах і чорноземах завдяки ротаційним робочим органам і трубчастим коткам

Агрегат широкозахватний комбінований АКШ-9

Знаряддя комбіноване для обробітку ґрунту ОКПО - 500, ОКПО -600, ОКПО-960.

Знаряддя комбіноване для обробітку ґрунту ОКПО 500, ОКПО 600, ОКПО 960 (рис. 1.6) призначене для передпосівного мінімального обробітку ґрунту під усі види культур, а також для догляду за парами. [3,2]

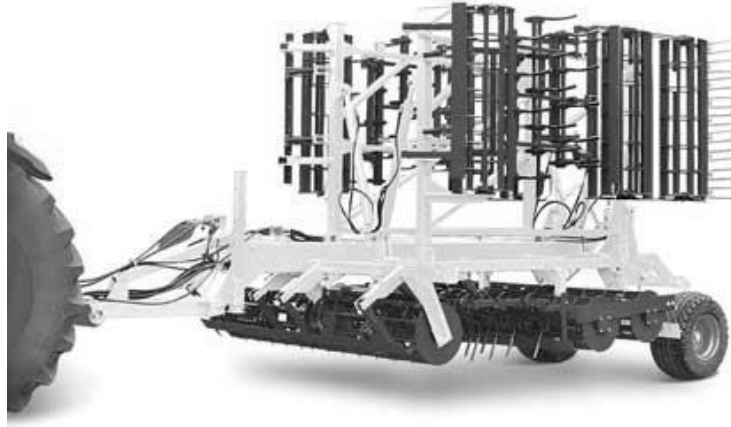


Рис. 1.6. Знаряддя комбіноване для обробітку ґрунту ОКПО - 500

Комбінований агрегат для обробітку ґрунту ОКПО створює ідеальні умови для проростання всіх культур, можлива комбінація з сівалкою.

Знаряддя комбіноване для обробітку ґрунту ОКПО-500, ОКПО-600, ОКПО-960 особливо ефективно для комплексу робіт із підготовки ґрунту для сівби озимих культур.

Знаряддя комбіноване для обробітку ґрунту ОКПО-500, ОКПО-600, ОКПО-960 містить послідовно встановлені: вирівнювальну дошку, пружинні розпушувальні S-подібні стійки та два ряди котків, що ущільнюють. Стійки комплектуються кількома видами змінних рихлячих лап для обробітку ґрунту під різні сільськогосподарські культури. Тиск на ґрунт вирівнювальної дошки та прикочувальних котків регулюється зусиллям стиснення пружин. [1,2,6]

Такі машини найповніше забезпечують поєднання технологічних операцій. Для них використовують комбіновані робочі органи пасивної дії, до яких відносяться: вирізні корпуси плугів, які проводять оборот пласта і суцільне розпушування підорного шару (рис. 1.7 а); зубчасті-сошники для одночасного розпушування ґрунту та заробки насіння або добрив (рис. 1.7 б); плоскоріз-

розпушувач із внесенням добрив для безполицевого обробітку (глибокого розпушування) ґрунту та підґрунтового розпушування і внесення мінеральних добрив. [2,3,4]

До цієї групи комбінованих машин входять також машини з ротаційними робочими органами: фрези, ротаційні плуги, ротаційні розпушувачі, борони з хрестоподібними ножами, голчасті борони (рис. 1.7 в...д). Є робочі органи пасивного й активного обробітку, наприклад корпус плуга-фрези (рис. 1.7 е), що складається з леміша і грудини полиці та обертового крила.

Машини з комбінованими робочими органами більш компактні та вирізняються меншою металоємністю, що дає змогу робити їх навісними. Є комбіновані машини з послідовно розміщеними комбінованими та простими робочими органами, наприклад культиватор фрезерний, глибокорозпушувач КФГ-3,6, сівалки-культиватори. [6-9]

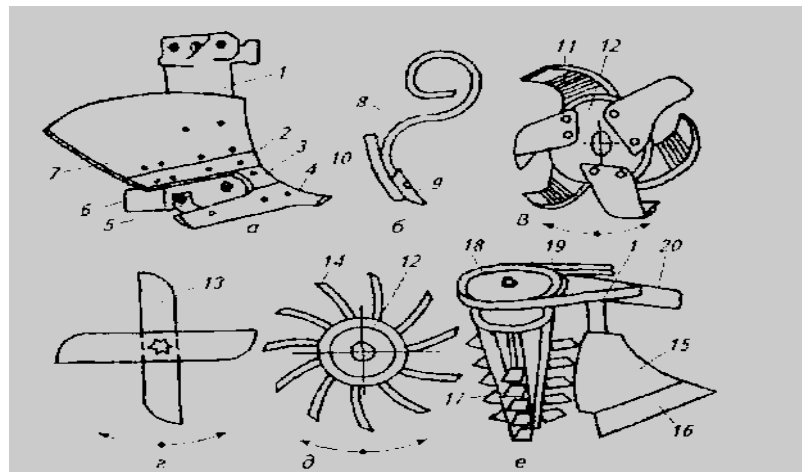


Рис. 1.7. Комбіновані робочі органи: а – вирізний корпус плуга; б – розпушувальний зуб-сошник; в – фреза; г – хрестоподібні ножі; д – голчастий диск; е – корпус плуга-фрези; 1 – стійка корпусу; 2 – верхній леміш; 3 – шиток; 4 – нижній леміш; 5 – розпірка; 6 – польова дошка; 7 – відвал; 8 – розпушувальний зуб; 9 – лапа; 10 – патрубок підведення насіння (добрив); 11 – ніж; 12 – диск; 13 – двосторонній ніж; 14 – голка (палець); 15 – груди відвалу; 16 – леміш; 17 – ножовий барабан; 18 – шків; 19 – приводний ремінь; 20 – рама плуга.

Висновки до розділу 1.

1. Використання комбінованих широкозахватних агрегатів для мінімального обробітку дозволяє значно скоротити обсяг підготовчих робіт, що зменшує витрати часу та ресурсів.
2. Удосконалення конструкції сприяє підвищенню надійності та зменшенню витрат на обслуговування завдяки усуненню швидкозношуваних елементів.
3. Лопатеві батареї та оптимальні кути атаки робочих органів забезпечують якісне перемішування ґрунту та його вирівнювання.
4. Агрегати даного класу демонструють високу продуктивність на різних типах ґрунтів, особливо на дерново-опідзолених ґрунтах та чорноземах.
5. Завдяки комплексному виконанню кількох операцій за один прохід машини для мінімального обробітку є економічно ефективним рішенням для підготовки ґрунту.

РОЗДІЛ 2.

МОДЕЛЮВАННЯ КОМБІНОВАНОГО ШИРОКОЗАХВАТНОГО АГРЕГАТУ

2.1 Обґрунтування пропонованої моделі машини

Дослідженнями встановлено, що для нормального проростання насіння його має бути покладено на ущільнене ложе та закрито пухким мульчованим шаром. Ущільнений шар (ложе) дерново-підзолистих ґрунтів повинен мати щільність 1,1-1,3 г/см. У такий шар проникає коріння рослин, у ньому добре розвинені капіляри, а рослини забезпечуються вологою незалежно від погодних умов, що складаються після посіву. Верхній мульчувальний шар захищає щільне ложе від випаровування вологи і висушування, через нього відбувається повітрообмін і надходження тепла. За виконання цієї вимоги забезпечується якісна сівба. Сошники сівалок не провалюються глибоко в ґрунт, прорізають лише верхній мульчувальний шар і укладають насіння на ущільнений шар в одному горизонті. [1,2]

Найкращих результатів досягають, коли насіння не просто укладають на щільне ложе, а впроваджують у нього прикочуванням.

У зв'язку з викладеними вимогами на структурних рівнях (не схилових) полях обробіток ґрунту під посів ярих зернових був би ідеальним, якби восени ґрунт наситити добривами, провести основний обробіток в агротехнічні строки та провести напівпаровий обробіток (хоча б одну культивацію), а навесні - передпосівний обробіток за один прохід агрегату на глибину загортання насіння, що є менше за 5 см. У такому разі верхній шар ґрунту буде максимально очищено від бур'янів і збережеться капілярна волога. Така система обробітку особливо важлива для південних районів України, де легкі супіщані, піщані, пилувато-глейові ґрунти становлять до 80 % ріллі.

Глибоке весняне розпушування цих ґрунтів призводить до втрати вологи, особливо в посушливі роки, розвитку ерозійних процесів, зниження врожаю.

Дослідженнями обґрунтовано й інші способи формування насінневого ложа та загортання насіння. Встановлено, що ефективно насіннєве ложе створюється не суцільним, а порядковим прикочуванням ґрунту. Прикатані рядки забезпечують щільне ложе для насіння, а пухкі міжряддя покращують повітрообмін і проникнення атмосферної вологи. [1-6]

Наріжним же каменем при передпосівному обробітку ґрунту є вибір якісного агрегату. У нашому випадку ми пропонуємо комбінований агрегат, але при цьому модернізуємо його, встановивши вирівнювальну секцію.

У разі встановлення вирівнювача після коткової секції ми зробимо більш якісну передпосівну підготовку ґрунту.

2.2 Пристрій і робочий процес запропонованого агрегату АКШ

Комбінований напівнавісний агрегат АКШ-3,6 призначений для передпосівного обробітку ґрунтів, не засмічених камінням. Агрегат за один прохід виконує розпушування, вирівнювання та коткування ґрунту зі створенням ущільненого ложа на глибині висіву насіння.

Ширина захвату агрегату 3,6 м, робоча швидкість 8...10 км/год, продуктивність 3...3,67 га/год, глибина обробітку 5...8 см, маса 2060 кг. Машина агрегується з трактором класу 2 і 3.

Агрегат являє собою комбіновану шарнірно-секційну машину і складається з рами 8 (рис. 2.1.), двох секцій 19 і 20, колісного ходу 11 зі стязкою 6, сніци 4, причіпного пристрою 3 і гідросистеми.

Рама зварної конструкції складається з поздовжніх балок 3 (рис. 2.2.), пов'язаних між собою трьома поперечними балками 6. У передній частині рами є понижувачі 2 з отворами в нижній частині для з'єднання зі сницею. Рама має кронштейни 1,7,4 і 5 для приєднання відповідно стязки сніци, секцій робочих органів, гідроциліндра підйому колісного ходу і колісного ходу. Шарнірне з'єднання секцій 19 (рис. 2.1.) і 20 з рамою забезпечує копіювання рельєфу поля по ширині захвату агрегату (поперечне копіювання). [1,5,2]

Секція робочих органів складається: з рами 10 (рис. 2.2.), на якій встановлено планчасті котки 1,11 ($d=350$ мм) і коток 13 ($d=280$ мм) у три ряди, коток 1 спереду та 11,13 позаду; рамки 5, на якій кріпляться розпушувальні робочі органи 14, і механізму 4 регулювання глибини обробітку ґрунту. [11,10]

Планчасті котки 1,11 і 13 – циліндричної форми – мають планки 1 (рис.2.3.): дев'ять - на котках діаметром 350 мм і сім – на котках діаметром 280 мм, що розташовані по гвинтовій лінії вздовж осі.

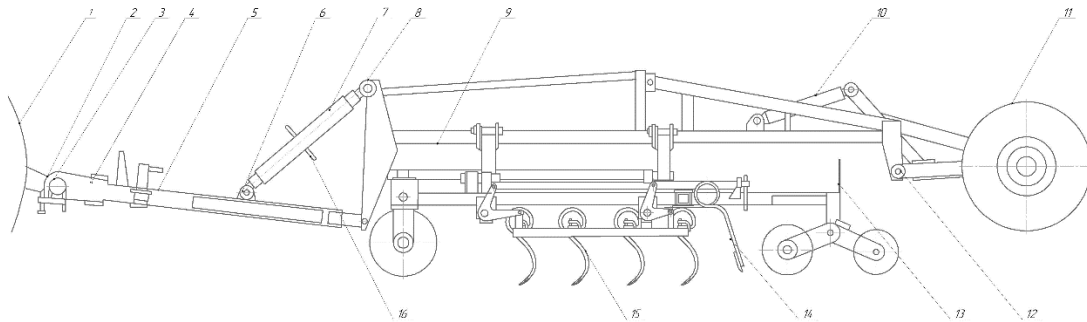


Рис. 2.1. Комбінований агрегат АКШ-3,6: 1 – державка-уловлювач; 2 – вісь; 3 – причіпний пристрій; 4 – сниця; 5,7,12 – кронштейни; 6 – стяжка; 8 – рама; 9 – гідроциліндр; 10 – розпірка; 11 – колісний хід; 13 – важіль; 14 – сигнальний щиток; 15 – секція розпушувальних робочих органів; 16 – рукоятка; 17 – палець; 18 – замок; 19,20 – секції-котків.

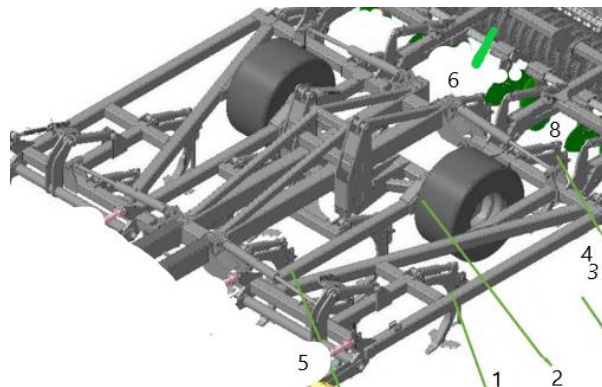


Рис. 2.2. Рама: 1,4,5,7 – кронштейни; 2 – понижувач; 3 – балка поздовжня, 6 – балка поперечна; 8 – вісь; 9,10 – деталі кріплення; 11 – секція.



Ущільнчий каток

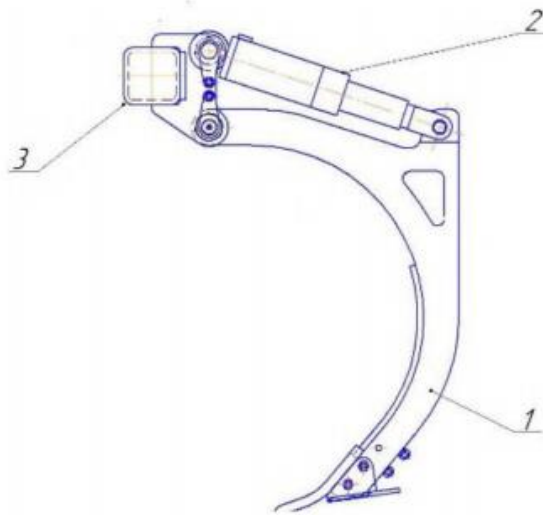


Рис. 2.3. Розпушувальний робочий орган: 1 – лапа; 2,3 – деталі кріплення; 4 – затискач; 5 – планка; 6 – рамка; 7 – стійка котка.

Планки приварені до дисків 2; на крайніх дисках укріплено конусні відбивачі 4, які запобігають намотуванню рослинних решток на цапфи 3. На цапфи 3 котків встановлено підшипники 19.

У робочому положенні агрегату котки виконують роль опорно-копіювальних коліс і здійснюють обробіток ґрунту: дроблять великі грудки ґрунту, вирівнюють поверхню поля, ущільнюють ґрунт, створюють ущільнене ложе для насіння.

Для запобігання поломок під час наїзду на перешкоду передні котки 1 оснащені гумовими амортизаторами 18, а задні котки 11 і 13 утворюють балансувальну підвіску "тандем" за допомогою двох бічних кронштейнів 12, які в середній частині шарнірно з'єднані з рамою 10, що дає можливість хитання в поздовжньо-вертикальній площині.

Розпушувальні робочі органи 14 у кількості 18 штук розміщують на рамці 5 у три ряди за напрямком руху агрегату. Розпушувальний робочий орган складається

з оборотної розпушувальної лапи 1 (рис.2.3.), укріпленої на С-подібній стійці 7, що кріпиться до поперечних планок 5 рамки 6 за допомогою затискача 3.

Механізм 4 регулювання глибини обробітку ґрунту розпушувально-гвинтовими робочими органами - важільно-гвинтовий; встановлений на кожній секції та складається з двох труб із двоплечими важелями 3, з'єднаними між собою тягою. Двоплечі важелі 3 одним кінцем пов'язані за допомогою кронштейна з рамкою 5, а іншим - з шатуном 6 механізму регулювання глибини і встановлені на кронштейнах 2 рами 11. Шатун 6 забезпечений гайкою і гвинтом 7 з рукояткою 9. Гвинт пропущений через кронштейн 8, шарнірно пов'язаний з рамою 10. У напрямних кронштейна 8 встановлено лінійку 16 для контролю глибини обробки, положення якої фіксується гвинтом 15. Одна поділка на лінійці відповідає величині заглиблення на 1 см.

Під час обертання рукоятки 9, гвинт 7 ввертається або вивертається з гайки шатуна (змінюється відстань між кронштейном 8 і гайкою шатуна), водночас шатун повертає двоплечі важелі 3, а рамка 5 з розпушувальними робочими органами змінює положення по вертикалі відносно опорної поверхні - глибина обробітку ґрунту змінюється.

Сниця 4 (рис. 2.1) шарнірно з'єднана з рамою 8 за допомогою стяжки (талрепа) 6 і з причіпним пристроєм 3, що приєднується до трактора. Стяжка 6 дає змогу змінювати кут нахилу сниці (напрямок сили тяги агрегату), що забезпечує рівномірний тиск на передні та задні котки залежно від типу ґрунту та попереднього обробітку з метою запобігання забивання ґрунту перед переднім рядом котків. За рахунок переміщення пальця 17 стяжки в пазі кронштейна 5 забезпечується копіювання поверхні поля за ходом руху агрегату (поздовжнє копіювання) і тим самим запобігає виміленню або заглибленню вирівнювачів у разі наїзду трактора на нерівності ґрунту.

Для забезпечення приєднання до трактора причіпний пристрій 3 забезпечений напівавтоматичним зчепленням, забезпеченим спеціальними захопленнями-

уловлювачами 1 із замком 18, у які заводиться приєднувальна вісь 2, встановлена в нижні тяги механізму навішування трактора.

Колісний хід 11 призначений для транспортних переїздів, виконання поворотів на полі з заглибленими робочими органами та складається з двох пневматичних коліс, шарнірно встановлених на рамі за допомогою важелів 13, пов'язаний із гідроциліндром 9 підйому колісного ходу.

Під час роботи агрегату колеса встановлюють у верхнє положення. Підйом і опускання колісного ходу 11 здійснюється через важелі гідроциліндром 9, під'єднаним до гідросистеми трактора. Під час транспортних переїздів гідроциліндр розвантажується розпіркою 10. Для переведення агрегату в транспортне положення необхідно за допомогою гідроциліндра 9 опустити колеса вниз із підйомом навіски трактора.

Технологічний процес, який виконує агрегат, полягає в такому. Під час робочого ходу агрегату по полю передні котки 1 дроблять своїми планками грудки ґрунту, лапи робочого органа 14 розпушують шар ґрунту на задану глибину, вивертаючи на поверхню ґрунту грудки, потім два ряди задніх котків 11 та 13 дроблять грудки, вирівнюють та накочують ґрунт зі створенням ущільненого ложа для насінини з пухким шаром ґрунту над ним.

2.3 Технологічні та конструктивні розрахунки запропонованої машини

На агрегат встановили 3 секції вирівнювача, по 1,2 м кожна.

Для нормальної роботи встановленого вузла необхідно провести розрахунок міцності ланки і вирівнювальної балки.

Визначення зусилля впливу ґрунту на вирівнювач.

У загальному випадку сила опору R_x спрямована під деяким кутом до траєкторії руху робочого органу. [11]

Для практичних розрахунків проф. Н. Г. Домбровський рекомендує спрощену формулу [6]:

$$R_x = R_k / a \quad (2.1)$$

де R_k – питомий опір копанню; $R_k = 30 \text{ кПа}$; [6]

l – довжина вирівнювача м; $l = 1,2 \text{ м}$;

a – висота вирівнювача, $a = 0,09 \text{ м}$.

Підставивши чисельні значення, отримаємо:

$$R_x = 30 \times 1,2 \times 0,09 = 3,24 \text{ кН.}$$

Розрахунок болта вирівнювача

Для з'єднання хомута з балкою вирівнювача ми використовуємо болтове з'єднання, за якого болт встановлюється із зазором. Схему цього з'єднання наведено на (рис. 2.4.).

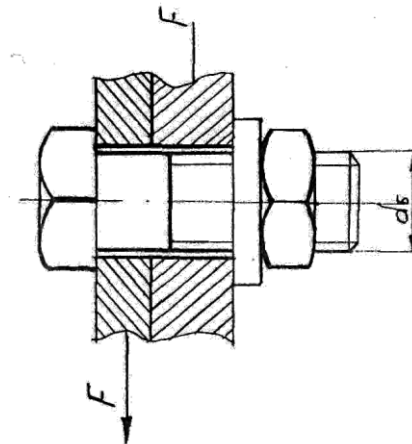


Рис. 2.4. Болтове з'єднання

Основні параметри з'єднання визначаємо за такою методикою. Ґрунтуючись на тому, що нам відоме чинне навантаження ($F_{\text{расч}} = 3,6 \text{ кН}$), визначаємо зусилля затягування для болтового з'єднання за формулою

$$F_{зам} = \frac{1,2 \cdot F}{f \cdot i}, \quad (2.2)$$

де F – значення навантаження, прийнято $F = F_{расч} = 3,6$ кН;

f – коефіцієнт тертя деталей у стику, приймаємо $f = 0,15$ [7];

i – число площин зрізу, приймаємо $i = 1$ виходячи з того, що в з'єднанні застосовуються дві деталі.

$$F_{зам} = \frac{1,2 \cdot 3600}{0,15 \cdot 1} = 28800 \text{ Н}$$

Визначення діаметра болта, який необхідно встановити, проводимо за формулою:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,3 \cdot F_{зам}}{Z \cdot \pi \cdot [\sigma_p]}}, \quad (2.3)$$

де z – число болтів у з'єднанні, приймаємо $z = 4$;

$[\sigma_p]$ – межа міцності при розтягуванні, приймаємо $[\sigma_p] = 600$ МПа

Для забезпечення кращого конструктивного виконання.

Розрахунок стійки

Для практичних розрахунків: [8]

$$M_u = R_x \cdot A \quad \text{Н/м} \quad (2.4)$$

R_x – зосереджена сила, Н;

A – відстань від точки кріплення стійки до місця прикладання сили, м; $A = 0,45$

м.

Підставимо у вираз (2.4) чисельні значення:

$$M_u = R_x \cdot A = 13 \cdot 0,45 = 5850 \text{ Н/м};$$

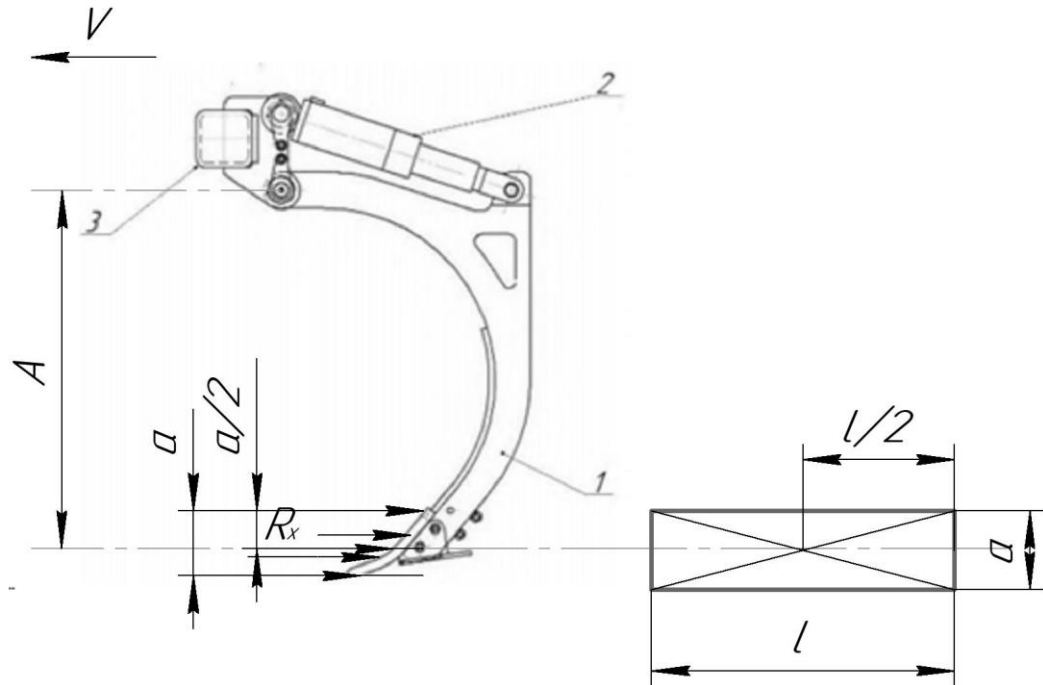


Рис. 2.5. Схема навантаження стійки

Знаючи згинальний момент, що впливає на стійку, перевіримо останню на міцність.

Для того, щоб стійка в процесі роботи не згиналася, необхідне виконання умови міцності на вигин: [6]

$$\delta_{\max} = M_{\max} / W_x \leq [\delta], \quad (2.5)$$

де W_x – момент опору вигину;

M_{\max} – згинальний момент у небезпечному перерізі, у нашому випадку він дорівнює згинальному моменту в точці кріплення; $M_{\max} = M$.

δ_{\max} – максимальне нормальне напруження, що виникає в стійці під час впливу на неї сили R_x ;

$[\delta]$ – максимально допустиме нормальне напруження, яке залежить від марки матеріалу, з якого виготовлено деталь. Для Сталі 45 воно дорівнює: $[\delta] = 21 \text{ кН/см}^2$.

Визначимо момент опору вигину в небезпечному перерізі: [7]

$$W_x = I_x / y_{\max}, \quad (2.6)$$

де I_x – момент інерції стійки відносно осі X (рис. 2.6)

y_{\max} – відстань від осі X до максимально-віддаленої точки перпендикулярного перерізу стійки;

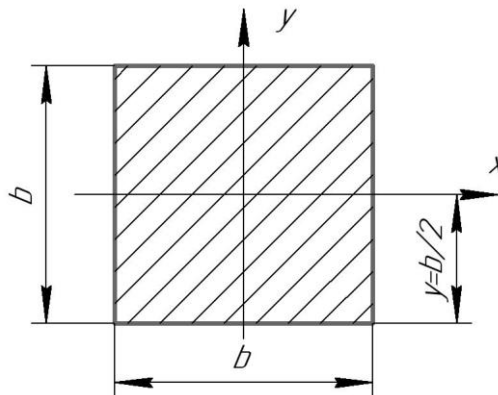


Рис 2.6. Схема перерізу стійки

Момент інерції стійки відносно осі X :

$$I_x = b^4 / 12 \quad (2.7)$$

Відстань від осі X до максимально-віддаленої точки:

$$y_{\max} = b / 2 \quad (2.8)$$

Формула для визначення моменту опору вигину в загальному вигляді:

$$W_x = (b^4/12)/(b/2) \quad (2.9)$$

Підставимо у вираз чисельні значення:

$$W_x = (2.64/12)/(2.6/2) = 2,93 \text{ см}^3.$$

Визначимо максимальне нормальне напруження, що виникає в небезпечному перерізі:

$$\delta_{\max} = M_{\max}/W_x = 5,85/2,93 = 2 \text{ кН / см}^2$$

Перевіримо виконання умови на міцність:

$$\begin{aligned} \delta_{\max} &< [\delta], \\ 2 &< 21. \end{aligned} \quad (2.10)$$

Умова (2.10) виконується, отже вимоги міцності забезпечується із запасом, але ми не врахували динамічний характер навантаження. Рекомендується максимальне напруження збільшити вдесятеро [7]. Отримаємо:

$$10 \delta_{\max} < [\delta] \quad (2.11)$$

$20 < 21$; отже умова виконується і ця стійка не буде ламатися в процесі роботи.

Міцнісний розрахунок пластини вирівнювача.

На пластину вирівнювача, встановлену на АКШ, діє рівномірно розподілене навантаження, інтенсивністю q на довжині пластини, що дорівнює l .

Визначимо згинальний момент:

$$M_u = q \cdot (l/2)^2 / 2; \quad (2.12)$$

де: M_u – згинальний момент, який виникає під час руху машини зі швидкістю V , Н/м;

q – рівномірно-розподілене навантаження, Н×м;

l – довжина вирівнювача.

Підставимо у вираз (2.12) чисельні значення:

$$M_u = q \cdot (U/2)^2 / 2 = 5400 \cdot (1,8/2)^2 / 2 = 2187 \text{ Н/м};$$

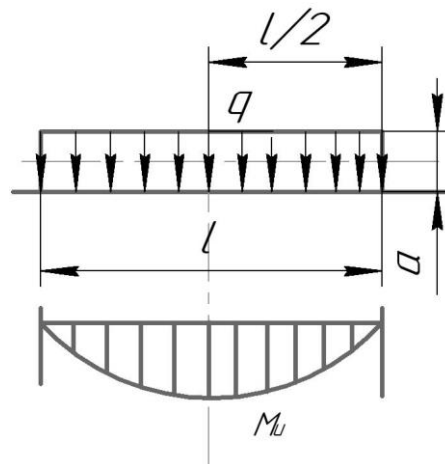


Рис. 2.7. Схема навантаження вирівнювача.

Знаючи згинальний момент, що впливає на стійку, перевіримо останню на міцність.

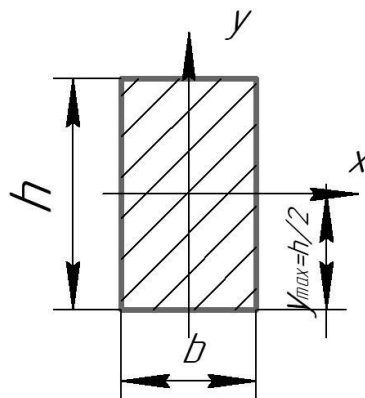


Рис. 2.8. Схема перерізу пластини вирівнювача.

Момент інерції стійки відносно осі X:

$$I_x = b \times h^3 / 12 \quad (2.13)$$

Відстань від осі X до максимально-віддаленої точки:

$$y_{\max} = h/2 \quad (2.14)$$

Підставимо вирази (2.13), (2.14) і отримаємо формулу для визначення моменту опору вигину в загальному вигляді:

$$W_x = (b \times h^3 / 12) / (h/2). \quad (2.15)$$

Підставимо у вираз (2.13) чисельні значення:

$$W_x = (1,2 \cdot 123 / 12) / (12 / 2) = 28,8 \text{ см}^3 .$$

Визначимо максимальне нормальне напруження, що виникає в небезпечному перерізі:

$$\delta_{\max} = M_{\max} / W_x = 21,81 / 28,88 = 0,76$$

Перевіримо виконання умови на міцність:

$$\begin{aligned} \delta_{\max} &< [\delta] , \\ 0,76 &< 21. \end{aligned} \quad (2.16)$$

Умова виконується, отже вимоги міцності забезпечується із запасом.

Висновки до розділу. 2.

Підвищено ефективність передпосівного агрегату мінімального обробітку ґрунту шляхом моделювання агрегату комбінованого широкозахватного АКШ. Зокрема запропоновано додатково після секцій розпушувальних лап установити вирівнювач, із застосуванням якого значно покращиться якість роботи агрегату.

Для розв'язання цього завдання було проведено аналіз подібних, вже вироблених машин, які працюють на полях господарств нашої країни.

Виконано необхідні розрахунки і опис основних технологічних параметрів та налаштування. Дана модель комбінованого агрегату дасть змогу знизити питомі експлуатаційні витрати енергії при застосуванні мінімально технології, отримати підвищення врожайності за рахунок поліпшення якості передпосівного обробітку ґрунту), що, в свою чергу, знизить собівартість виробництва с/г культур.

Розділ 3.

РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕЛЮВАННЯ АГРЕГАТУ ДЛЯ МІНІМАЛЬНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

3.1. Модель компоновки агрегату поверхневого обробітку

На основі результатів досліджень, аналізу досвіду попередників [1-3] та власних напрацювань, змодельовано машинний агрегат для поверхневого мінімального обробітку ґрунту (рис. 3.1). Наразі дана модель перебувають на стадії теоретичного обґрунтування та подальшого дослідження.

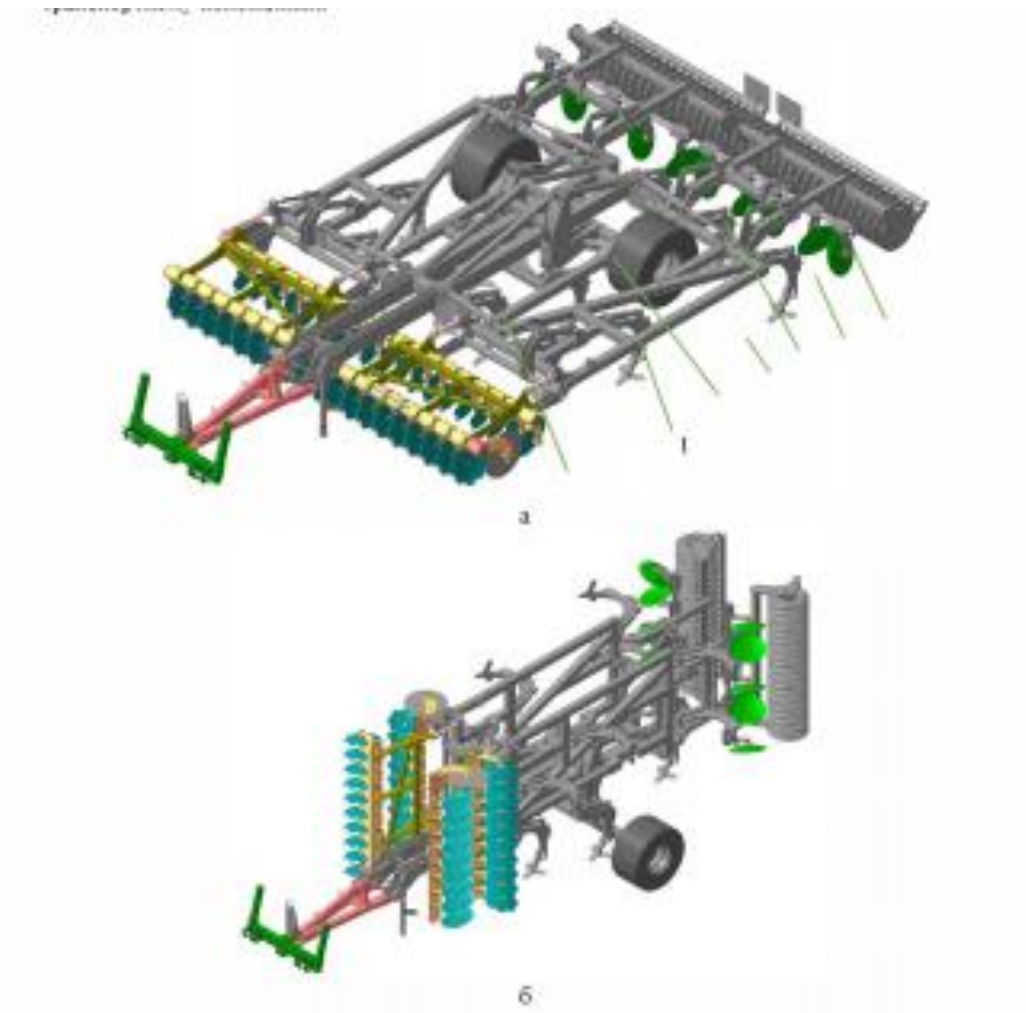


Рис. 3.1. Розроблений ґрунтообробний широкозахватний агрегат АГШ у робочому (а) та транспортному (б) вигляді:

1 - рама; 2 - опорні рушії; 3 - диски; 4, 7 – силові гідроциліндри; 5 – лапа розпушувальна; 6 – ущільнюючий каток; 8 – вирівнювач дисковий.

Водночас у даній машині бракує системи уніфікації комбінованих робочих органів, здатних поєднувати функції поверхневого й мінімального обробітку. Це дозволило б вирішити проблему зниження термінів проведення на підготовку площ для вирощування окремих культур, водночас скорочуючи енерговитрати.

Схожі машини вже виробляються провідними європейськими компаніями, такими як Rabe, Lemken, Horsh, Vaderstad, і доступні на українському ринку. Особливо виділяються моделі серії "Top Down 300-900" компанії Vaderstad [1-4], яка взята за аналог. [1,2]

3.2. Методи досліджень

Метою дослідження було розробити модель широкозахватного агрегату для реалізації мінімальної технології підготовки ґрунту. Основною ціллю було створення комбінованого знаряддя, що забезпечить якісний поверхневий обробіток та дозволить оптимізувати витрати часу й енергії.

Використовувалися аналітичний, абстрактно-логічний та експериментальний підходи. [1,2,3]

3.3. Результати досліджень:

Змодельовано конструктивно-компоновочну схему для мінімального обробітку ґрунту. Спроектовано модель комбінованого широкозахватного знаряддя АГШ, технічні дані підготовлено для подальшого впровадження у виробництво.

Агрегат обладнаний трисекційною рамою 1, яка базується на транспортно-опрних рушія 2. У передній частині рами встановлено два ряди сферичних вирізних дисків 3, закріплених на гумових компенсаторах із міжряддям 230...280 мм. Основна функція дисків це подрібнення пожнивних решток та змішування з ґрунтом шляхом розрізання рослинних решток і ґрунту, а також формування мульчі. Регулювання глибини роботи дисків здійснюється гідроциліндрами 4 у діапазоні 0...10 см.

За дисками на рамі розміщені рихлячі лапи 5, розташовані у чотири ряди. Вони забезпечують основний вертикальний обробіток ґрунту на глибину до 15 см, яку можна змінювати. З метою не ушкодження лап під час роботи на ущільнених ґрунтах, агрегат оснащено автоматичною системою захисту.

Система включає плунжерні гідроциліндри 1 (рис. 3.2), кожен із яких з'єднує чизельний робочий орган 2 із рамою 3, та загальний гідропневмоакумулятор (на схемі не показано), з'єднаний із гідроциліндрами через гідрорукави. Захист активується, коли зусилля на долоті одного з робочих органів перевищує 7,2 кН. У цьому випадку гідроциліндр стискається, дозволяючи робочому органу вийти з ґрунту. Після зниження навантаження орган автоматично повертається до роботи на задану глибину.

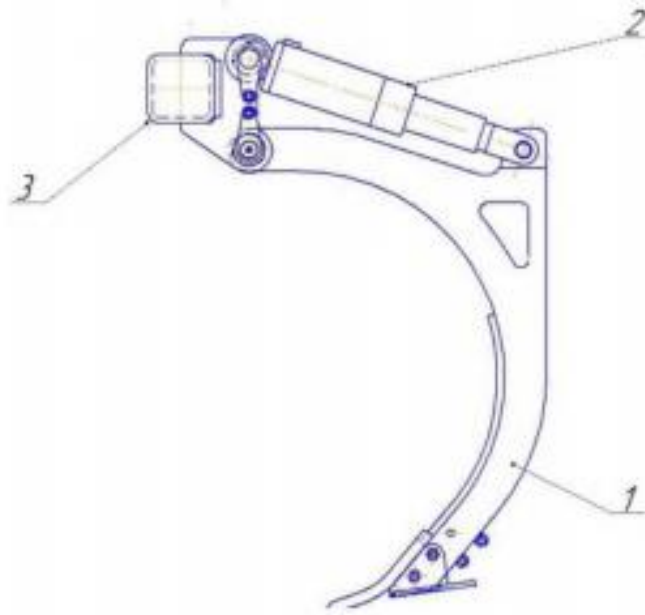


Рис. 3.2. Лапа розпушувальна з С-подібною стійкою:

1 - стійка; 2 – пневмогрузовий гідроакумулятор; 3 – брус рами.

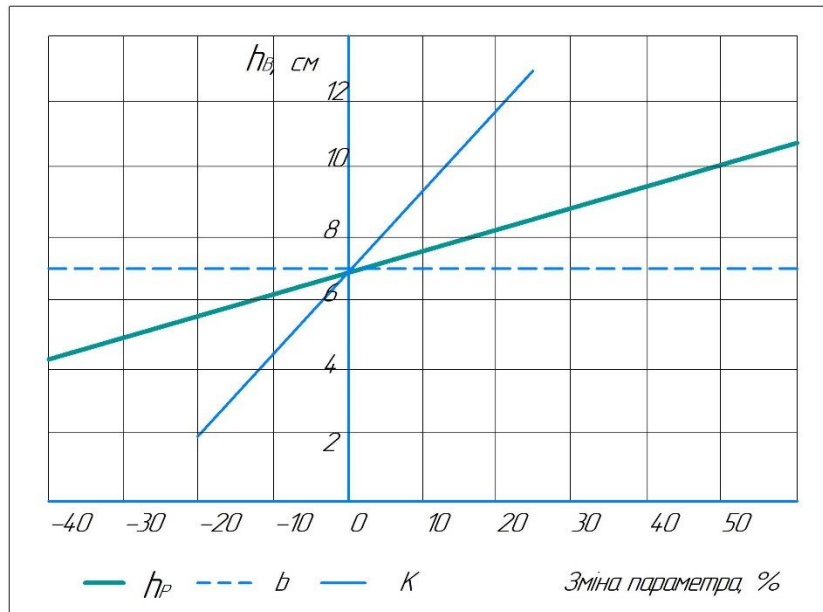


Рис. 3.3. Залежність глибини обробки ґрунту від ширини леза лапи і коефіцієнта щільності ґрунту ($h_p = 0,25 \text{ м.}$, $b_{\text{лез}} = 15 \text{ см.}$ і $K = 1,6$)

На (рис. 3.3,3.4.) зображені графічні залежності робочих параметрів, товщини робочого горизонту $h_{\text{рг}}$ обробленого ґрунту для розпушувальної лапи, що проводить обробку ґрунту на необхідну глибину за мінімальною технологією, і глибини шару h_b мульчування ґрунту для дисків.

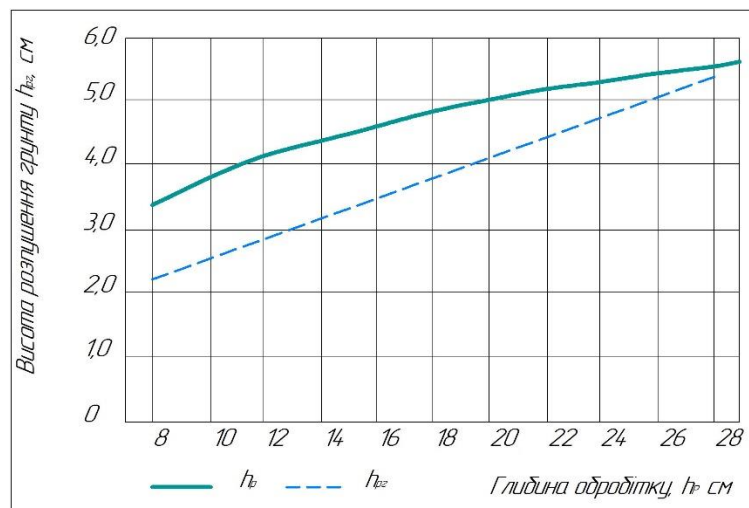


Рис. 3.4. Графічна залежність товщини горизонту ґрунту від глибини ущільнення котка при поверхневому обробці h_p та розпушувальної лапи, що працює за мінімальною технологією h_{ps} ($h_p = 15 \text{ см.}$, і $B_{\text{рг}} = 15 \text{ см.}$).

Графічне зображення (рис. 3.5.) приведено аналітичну залежність зростання приросту робочого горизонту Δh_s від глибини обробітку ґрунту h_p за рахунок зниження величини деформації пласта лапами та вирівнювання поверхні дисковими робочими органами.

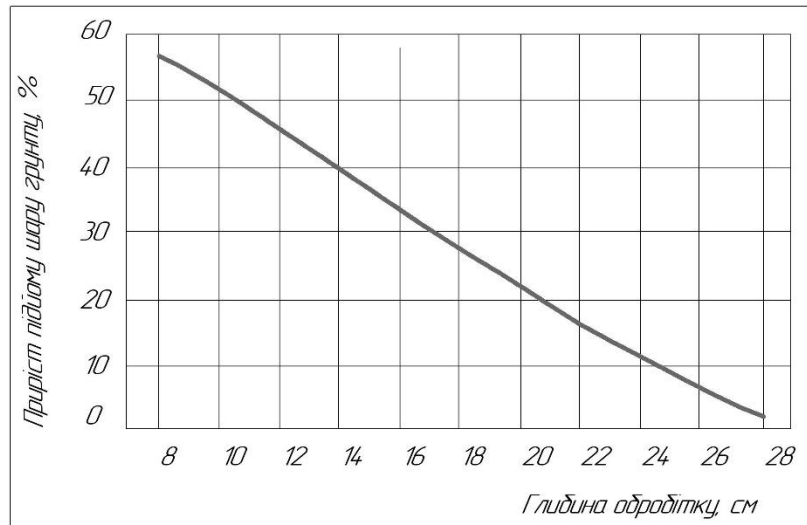


Рис. 3.5. Залежність аналітичну залежність зростання приросту робочого горизонту Δh_s від глибини обробітку ґрунту h_p

З отриманих графіків (рис. 3.4, 3.5.) видно, як комбінація застосування запропонованих робочих органів по мінімальні технології обробітку полів, забезпечує зростання якості підготовки посівного горизонту поверхні площі, що призводить до зниження енергетичних показників. Робота агрегату забезпечує покращення проникаючої здатності ґрунту до вологи та її збереження, за рахунок мульчі, що утворюється на поверхні поля.

Висновки до розділу 3.

Метою дослідження було розробити модель широкозахватного агрегату для реалізації мінімальної технології підготовки ґрунту. Основною ціллю було створення комбінованого знаряддя, що забезпечить якісний поверхневий обробіток та дозволить оптимізувати витрати часу й енергії.

Використовувалися аналітичний, абстрактно-логічний та експериментальний підходи. Змодельовано конструктивно-компоновочну схему машини для мінімального обробітку ґрунту. Спроектовано модель комбінованого

широкозахватного знаряддя АГШ, технічні дані підготовлено для подальшого впровадження у виробництво.

З отриманих графіків (рис. 3.3, 3.4, 3.5.) видно, як комбінація застосування запропонованих робочих органів по мінімальні технології обробітку полів, забезпечує зростання якості підготовки посівного горизонту поверхні площі, що призводить до зниження енергетичних показників. Робота агрегату забезпечує покращення проникаючої здатності ґрунту до вологи та її збереження, за рахунок мульчі, що утворюється на поверхні поля.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Використання комбінованих широкозахватних агрегатів для мінімального обробітку дозволяє значно скоротити обсяг підготовчих робіт, що зменшує витрати часу та ресурсів. Удосконалення конструкції сприяє підвищенню надійності та зменшенню витрат на обслуговування. Дискові батареї та оптимальні кути атаки робочих органів забезпечують якісне перемішування ґрунту та його вирівнювання.
2. Агрегати даного класу демонструють високу продуктивність на різних типах ґрунтів, особливо на дерново-опідзолених ґрунтах та чорноземах. Завдяки комплексному виконанню кількох операцій за один прохід машини для мінімального обробітку є економічно ефективним рішенням для підготовки ґрунту.
3. Підвищено ефективність передпосівного агрегату мінімального обробітку ґрунту шляхом моделювання агрегату комбінованого широкозахватного АКШ. Запропоновано додатково після секцій розпушувальних лап установити дисковий вирівнювач, із застосуванням якого значно покращиться якість роботи агрегату.
4. Виконано необхідні розрахунки і опис основних технологічних параметрів та налаштування. Дана модель комбінованого агрегату дасть змогу знизити питомі експлуатаційні витрати енергії при застосуванні мінімально технології, отримати підвищення врожайності за рахунок поліпшення якості передпосівного обробітку ґрунту), що знизить собівартість виробництва.
5. З отриманих графіків (рис. 3.3, 3.4, 3.5.) видно, застосування запропонованих робочих органів по мінімальні технології обробітку полів, забезпечує зростання якості підготовки посівного горизонту, що призводить до зниження енергетичних показників. Робота агрегату забезпечує покращення проникаючої здатності ґрунту до вологи та її збереження, за рахунок мульчі, що утворюється на поверхні поля.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Вертикальний обробіток ґрунту як спосіб боротьби з ущільненням та ефективного управління рослинними рештками звернення: 17.06.2024).
2. Розроблення комплексу машин для вертикального обробітку ґрунту / В. В. Адамчук, Ю. В. Пономар, В. А. Насонов, В. М. Корнюшин, М. О. Сідий. Механіка та автоматика агропромислового виробництва: загальнодержавний зб. / ІМА АПВ НААН. Глеваха, 2023. Вип. 3 (117). С. 9-20.
3. Розроблення комбінованого агрегату для чизельного обробітку ґрунту і внесення добрив / В. В. Адамчук, В. А. Насонов, Л. К. Литвинюк, В. М. Корнюшин, М. О. Сідий. Механіка та автоматика агропромислового виробництва : загальнодержавний зб. / ІМА АПВ НААН. Глеваха, 2023. Вип. 1 (115).С. 42-49.
4. Войтюк Д. Г. Сільськогосподарські та меліоративні машини. – Київ : Вища школа, 2004. 514с.
5. Практикум із машиновикористання в рослинництві: Навч. Посібник. За ред.. Мельника І.І. Київ : Кондор. 2004. 284с.
6. Сільськогосподарські та меліоративні машини: Підручник./ Д.Г. Войтюк, В.О. Дубровін, Т.Д. Іщенко та ін.; За ред. Д.Г. Войтюка. – Київ : Вища освіта, 2004. 544с.
7. Сисолін П.В., Рибак Т.І., Сало В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. – Книга 2. –К.: Урожай, 2002. 364 с.
8. Сисолін П.В., Сало В.М., Кропівний В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. –К.: Урожай, 2001. – 384 с.
9. Бойко А.І., Свірень М.О., Шмат С.І., Ножнов М.М. Нові конструкції ґрунтообробних та посівних машин. – К., 2003. – 203 с.
10. Гапоненко В.С., Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини. К.: Урожай, 1982. 312 с.
11. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. - Т.1. - Ч.1. - Машини та знаряддя для обробітку ґрунту. – Харків: Око, 2001. 222 с.