

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії та енергетики

Кафедра механіки та інженерії агроєкосистем

Кваліфікаційна робота

на правах рукопису

ГАЙДАМАНЧУК ПАВЛО СЕРГІЙОВИЧ

УДК 631.313.6

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**Розроблення конструкції та обґрунтування робочого
процесу екологічнобезпечного та енергоощадного
грунтообробного знаряддя**

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

_____ П.С. Гайдаманчук

Керівник роботи

Кухарець С. М.

Доктор технічних наук, професор

Житомир – 2021

АНОТАЦІЯ

Гайдаманчук Павло Сергійович. Розроблення конструкції та обґрунтування робочого процесу екологобезпечного та енергоощадного ґрунтообробного знаряддя. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2021.

Пропоноване енергозберігаюче екологобезпечне ґрунтообробне знаряддя призначене для розпушування і підготовки ґрунту під посів, знищення бур'янів і подрібнення поживних залишків, для оброблення шарів ґрунту після оранки цілих земель, для передпосівної підготовки ґрунту без попередньої оранки та обробітку ґрунту після збирання просапних культур, а також догляду за луками і пасовищами.

При поступальному русі агрегату борона, що встановлена в робоче положення, заглиблюється дисками в ґрунт. Диски, обертаючись, кришать верхній шар ґрунту, підрізають рослинні залишки і перемішують їх з ґрунтом.

Вирізи в дисках покращують дроблення пластів, підрізання і загортання рослинних залишків. Передня батарея фрез через ведучу зірочку передає обертальний рух через ланцюгову передачу відомій зірочці. За рахунок передавального відношення 1:2 задня батарея фрез здійснює більшу кількість оборотів, тим самим покращуючи якість оброблення ґрунту, знищення бур'янів і подрібнення поживних залишків.

Ключові слова: сферичні диски, ротор, ножі, перемішування, подрібнення

ANNOTATION

Gaidamanchuk Pavlo. Development of design and substantiation of the working process of environmentally friendly and energy-saving tillage tools. – Qualification work on the rights of the manuscript.

Qualifying work for a master's degree in specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissia National University, Zhytomyr, 2021.

The proposed energy-saving environmentally friendly tillage tool is designed for loosening and preparing the soil for sowing, destruction of weeds and shredding crop residues, for tillage after plowing virgin lands, for pre-sowing soil preparation without prior plowing and after tillage and tillage. for meadows and pastures.

During the translational movement of the unit, the harrow, which is installed in the working position, is deepened by discs into the ground. The disks, rotating, crush the top layer of soil, trim plant debris and mix them with the soil.

Cutouts in the discs improve the crushing of layers, pruning and wrapping of plant debris. The front battery of cutters through the drive sprocket transmits rotational motion through a chain transmission to the known sprocket. Due to the gear ratio of 1: 2, the rear battery of cutters makes more revolutions, thereby improving the quality of tillage, weed control and shredding crop residues.

Key words: spherical disks, rotor, knives, mixing, grinding

Зміст

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ ҐРУНТООБРОБНИХ ЗНАРЯДЬ.....	7
Висновки до розділу	11
РОЗДІЛ 2 ПАТЕНТНИЙ ПОШУК.....	12
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБЛЕННЯ ЕКОЛОГОБЕЗПЕЧНОГО ТА ЕНЕРГООЩАДНОГО ҐРУНТООБРОБНОГО ЗНАРЯДДЯ	17
Висновки до розділу	28
ВИСНОВКИ.....	30
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	32

ВСТУП

Аналіз конструкції комбінованих машин, а також технологічних процесів, виконуваних ними, дозволив сформулювати основні вимоги до конструктивно-технологічної схеми екологобезпечного та енергоощадного ґрунтообробного знаряддя:

- робочі органи повинні забезпечувати структуру ґрунту в оброблюваній смузі відповідно до агротехнічних вимог;

- робочі органи повинні забезпечувати необхідну глибину обробки ґрунту до 20 см; та забезпечувати повне знищення бур'янів. Енергозберігаюче екологобезпечне ґрунтообробне знаряддя призначене для розпушування і підготовки ґрунту під посів, знищення бур'янів і подрібнення пожнивних залишків, для оброблення шарів ґрунту після оранки цілинних земель, для передпосівної підготовки ґрунту без попередньої оранки та обробітку ґрунту після збирання просапних культур, а також догляду за лугами і пасовищами.

Мета роботи. Підвищення якості обробітку ґрунту шляхом застосування енергозберігаючого екологобезпечного ґрунтообробного знаряддя призначеного для розпушування і підготовки ґрунту під посів, знищення бур'янів і подрібнення пожнивних залишків.

Задачі досліджень.

1. Провести огляд відомих конструкцій комбінованих ґрунтообробних агрегатів.

2. Виконати патентний пошук конструкцій ґрунтообробних агрегатів, проаналізувати їх недоліки.

3. Виконати розроблення конструкції енергозберігаючого екологобезпечного ґрунтообробного знаряддя, провести аналіз його роботи.

Об'єкт досліджень. Енергозберігаюче екологобезпечне ґрунтообробне знаряддя.

Предмет досліджень. Конструкційні параметри енергозберігаючого екологобезпечного ґрунтообробного знаряддя.

Методи дослідження: дослідження виконано з використанням методів теоретичної механіки та деталей машин.

Практичне значення одержаних результатів. Основні результати дослідження спрямовані на вдосконалення ґрунтообробних знарядь.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається із вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 7-ми найменувань. Загальний обсяг роботи становить 31 сторінок комп'ютерного тексту, містить 12 рисунків та 14 формул.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ ҐРУНТООБРОБНИХ ЗНАРЯДЬ

Універсальний комбінований роторний культиватор «Combimaster» призначений для одночасного проведення основного обробітку ґрунту на глибину 10...15 см. І передпосівної підготовки ґрунту на глибину 4...8 см. З одночасним вирівнюванням, боронуванням і коткуванням обробленої ґрунту.



Рис. 1.1 Ротор-культиватор «Combimaster»

Комбінований ґрунтообробний агрегат «Combimaster», складається з двох рядів вирізних сферичних дисків діаметром 600 мм. на індивідуальних стійках, двох рядів культиваторних лап на пружинних стійках і кронштейнах з амортизаторами, пружинної борони-штригеля з пружної сталі 65Г діаметром 15 мм., прикочуючих котків. Основною агрегату є рама з труб квадратного профілю. Для транспортування служить пристосування із задніх транспортних коліс.

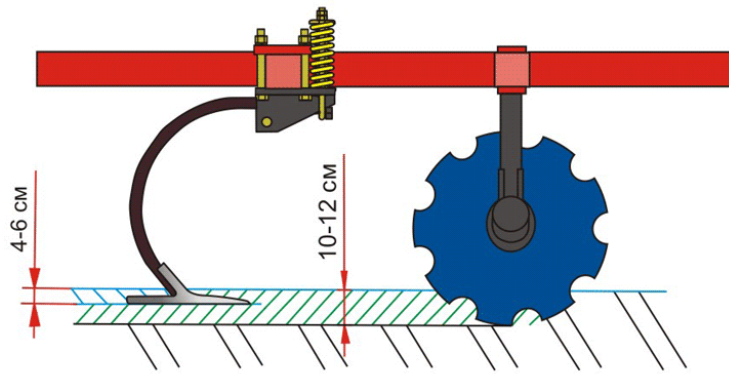


Рис. 1.2. Схема комбінованого знаряддя «Combimaster»

Landoll 875 призначений для вирівнювання поверхні поля, внесення добрив і доведення ґрунту до стану майже ідеального насінневого ложа за один підхід. Поєднання проходів по полю також допомагає зберігати вологу і забезпечує поліпшення насінневого ложа. Ґрунт обробляється менше число раз, причому рослинні залишки, які протидіють ерозії, і більш великі грудки ґрунту залишаються на поверхні, що допомагає уникнути ущільнення. Хімічні засоби успішно перемішуються з пластами насінневого ложа під час виконання єдиного проходу по полю на великій швидкості.



Рис. 1.3. Агрегат ґрунтообробний Landoll 875

Комбінований ґрунтообробний агрегат КПА-5 призначений для пошарового основного обробітку ґрунту без обороту пласта під посів озимих культур і під повторні посіви кукурудзи, гречки, трав та інших культур.



Рис. 1.4. Комбіноване ґрунтообробне знаряддя КПА-5

Знаряддя КПА-2,5 за один прохід виконує наступні операції: розпушування верхнього шару, розпушування нижнього шару ґрунту з повним підрізанням бур'янів і пожнивних залишків, додаткове подрібнення ґрунту і вирівнювання поверхні поля, коткування та ущільнення нижніх шарів ґрунту з додатковим подрібненням брил в верхньому горизонті.

Знаряддя комбіноване ґрунтообробно-посівне АПП-4,5. Призначений для передпосівного обробітку ґрунту та посіву зернових, зернобобових, хрестоцвітих культур, льону і трав на полях. Знаряддя АПП-4,5 є напівначіпним, робоча ширина захвату становить 4,5 м і агрегується він з тракторами МТЗ-82, МТЗ-100/102.

Технологічний процес, що виконується знаряддям, включає в себе: розпушування ґрунту на необхідну глибину передпосівної обробки; дроблення

грудок ґрунту і вирівнювання поверхні поля; ущільнення ґрунту і створення ложа для насіння; дозовану подачу, вкладання на задану глибину і закладення насіння.

Окремою особливістю АПП-4,5 є можливість автономного використання ґрунтообробного і посівного комплексу. Ґрунтообробна частина агрегату уніфікована з комбінованим ґрунтообробним знаряддям АКШ-3,6, а посівна частина - з універсальною пневматичною сівалкою СЗ-3,6. Зважаючи на це знаряддя має їх перевагами і дозволяє значно скоротити витрати праці в технології вирощування зернових, зернобобових культур і трав за рахунок меншої кількості обслуговуючого персоналу, скоротити споживання пального і знизити ущільнення ґрунту за рахунок зменшення кількості проходів трактора.



Рис. 1.5. Знаряддя АПП-4,5

АКШ-3,6 – комбіноване знаряддя швидкісної поверхневої обробки ґрунту, яке успішно застосовується як в традиційному, так і в ґрунтозахисному землеробстві, виконуючи за один прохід всі операції із підготовки ґрунту під посів.



Рис. 1.6. Комбіноване ґрунтообробне знаряддя АКШ-3,6

При роботі машини плоскорізні ножі підрізають і піднімають пласт ґрунту, хвилясті диски розсовують і подрібнюють ґрунт, а гнучкий робочий орган, що обертається, розпушує, вирівнює, планує ґрунт, знищує і викидає на поверхню бур'яни, закриває вологу.

Конструкція агрегату оригінальна, надійна і проста в експлуатації (обслуговує один тракторист), відсутні будь-які приводи. Стійкість ножів плоскоріза, виготовлених інститутом ім. Патона - 600-1000Га.

Агрегат, обладнаний трубопроводом, може одночасно використовуватися для обробки ґрунту і внесення аміачної води.

Висновки до розділу

Аналіз конструкції комбінованих машин, а також технологічних процесів, виконуваних ними, дозволив сформулювати основні вимоги до конструктивно-технологічної схеми екологічнобезпечного та енергоощадного ґрунтообробного знаряддя:

- робочі органи повинні забезпечувати структуру ґрунту в оброблюваній смузї відповідно до агротехнічних вимог;
- робочі органи повинні забезпечувати необхідну глибину обробки ґрунту до 20 см; та забезпечувати повне знищення бур'янів.

РОЗДІЛ 2

ПАТЕНТНИЙ ПОШУК

Патент № 1787335. Винахід відноситься до сільськогосподарського машинобудування, зокрема до ґрунтообробних знарядь.

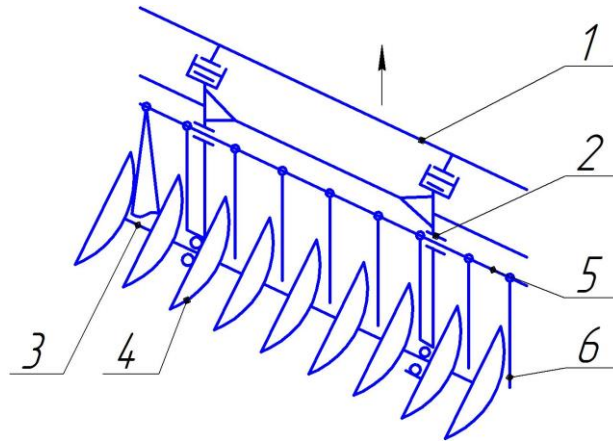


Рис. 3.1. Дискава борона [патент № 1787335]: 1 – рама; 2 – напіврама; 3 – вісь; 4 – секція робочих органів; 5 – вал; 6 – вісь.

Дискава борона працює наступним чином (рис. 3.1). В процесі обробки ґрунту пружні притискні прутки 6 притискають рослинну масу в міждисківому просторі в зоні перетину лез дисків з поверхнею ґрунту. Різання дисками ґрунту відбувається при натягу прутками 6 рослинної маси. Залежно від кута атаки секції дисківих робочих органів 4 і ступеню заглиблення прутки 6 самовстановлюються в межах зони і завжди орієнтовані по ходу руху борони.

Недоліком даного пристрою є недотримання агротехнічних вимог при обробці ґрунту, висока ймовірність поломки робочих органів при наїзді на перешкоду і прутків при збільшенні навантаження при натягу рослинної маси.

Патент № 110895. Корисна модель відноситься до сільськогосподарського машинобудування і може бути використана для поверхневої обробки ґрунту, наприклад для боронування (рис. 2.2).

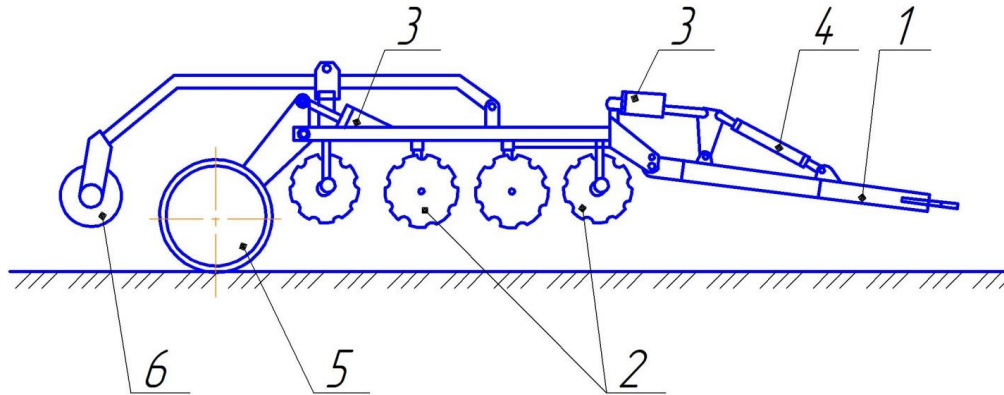


Рис. 2.2. Схема борони [патент № 110895]: 1 – причіпне; 2 – робочий орган; 3 – гідроциліндр; 4 - тяга; 5 – транспортне колесо; 6 – коток.

Борона працює наступним чином. Перед початком роботи борони, встановлюється кут атаки β кожного ряду сферичних дисків 2 в залежності від агротехнічних вимог, від умов роботи (агрофона), необхідної глибини обробітку ґрунту, одержуваного профілю ґрунту тощо., наприклад, чим більше кут атаки β , тим більше глибина обробки і більш повне підрізання бур'янів.

Крім того, регулюють по довжині штангу 4 (талреп) і встановлюють по висоті обмежувачі, налаштовуючи тим самим, необхідну глибину обробки ґрунту або величину заглиблення сферичних дисків 2 в оброблюваний ґрунт забезпечуючи при цьому горизонтальне положення рами 1.

Недоліком такої борони є те, що диски заглиблюються в ґрунт безконтрольно, глибина обробітку ґрунту не фіксується і в процесі роботи може змінюватися в значних межах. Це призводить до нерівномірності глибини обробки і, в кінцевому підсумку, до поганої якості обробки ґрунту, що негативно позначається на врожаї. Пожнивні залишки намотавшись на вісь батареї дисків, забивають міждисківий проміжок і борона не може виконувати технологічний процес.

Патент № 2147149. Винахід відноситься до сільськогосподарського машинобудування, зокрема навісні дискові борони.

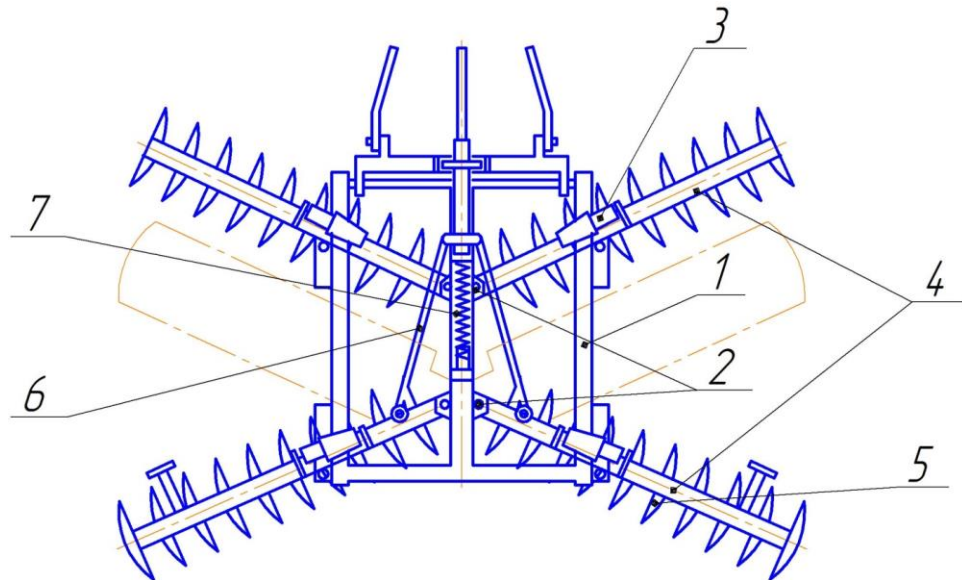


Рис. 2.3. Схема начіпної роторної борони [патент № 2147149,]: 1 – рама; 2 – шарнірне з’єднання; 3 – ролик; 4 – секції; 5 – робочі органи; 6 – тяга; 7 – пружний елемент.

Навісна дискова борона працює наступним чином (рис. 2.3). Борона складається з рами 1, до середнього поздовжнього бруса якої приєднані за допомогою вертикальних шарнірів 2 і роликів 3 передні і задні секції 4 робочих органів 5.

Ролик 3 виконаний у вигляді усіченого конуса, вершина якого розташована на осі вертикального шарніра 2 таким чином, що нижня твірна конуса "Б" є дотичною верхній поверхні поздовжнього бруса. Ролик 3 встановлений на осі, закріпленої в кронштейнах. До передньої частини рами 1 шарнірно закріплена стійка навішування, яка пов'язана за допомогою гвинта і задніх тяг з задніми секціями 4. Гвинт також з'єднаний з рамою 1 за допомогою пружини 7. Бічні

поздовжні бруси рами 1 забезпечені кронштейнами з отворами, в які входять штирі, а передні і задні секції 4 мають на зовнішніх кінцях буфери.

Борона перекладається з робочого в транспортне положення наступним чином. При підйомі борони спочатку піднімається передня її частина, при цьому в гвинті і тяглах виникає зусилля, яке за підтримки зусиль пружини 7 повертає задні секції 7 робочих органів 8 навколо шарнірів 4 вперед, перекочуючи їх на рамках 5 по поздовжніх брусів 16. Потім секції і 4 обертаються разом до певного положення, а після цього борона відривається від ґрунту і піднімається.

Недоліком борони є інтенсивний знос роликів і поздовжніх брусів рами в місцях зіткнення їх поверхонь з роликками, так як секції борони переміщуються щодо поздовжніх брусів рами значне число раз за період роботи при кожному підйомі і опусканні борони при її поворотах в кінці поля.

Патент № 78394. Винахід відноситься до машинних технологій обробки ґрунту.

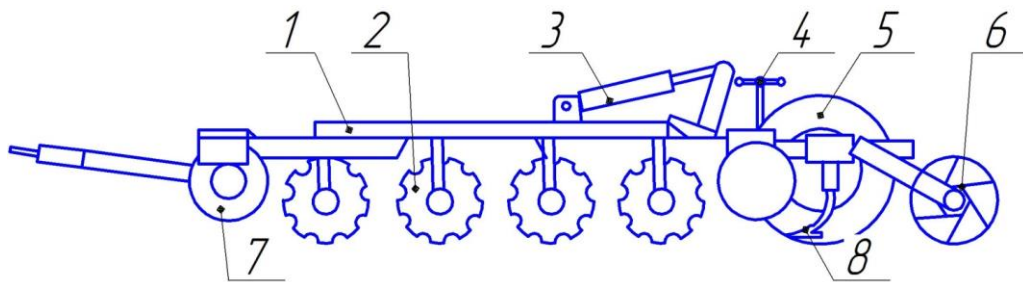


Рис. 3.4. Схема борони [патент № 78394]: 1 – рама; 2 – диск; 3 – гідроциліндр; 4 – ручка; 5 – транспортне колесо; 6 – коток; 7 – копір; 8 – розрихлювач

Борона дискова навісна працює наступним чином (рисунок 3.4). Причипним пристроєм борона з'єднується з трактором. До гідросистеми трактора приєднуються трубопроводи і по ним подається під тиском масло, яке через

гідроциліндри 3, і через штоки передає зусилля на шарнірні важелі, які повертаючись опускають опорні транспортні колеса 5, піднімаючи борону і каток-вирівнювач ґрунту над поверхнею землі, тобто борона переводиться в транспортне положення. В такому стані диски 2 і копіюючі колеса 7 борони також підняті над поверхнею ґрунту.

На робочому місці, тобто на полі, борона опускається в робоче положення, для цього піднімаються вгору опорні транспортні колеса, а борона з дисками 2 опускається на ґрунт. Перевіряється правильність установки копіюючих коліс 7, для цього їх встановлюють на однаковий рівень в положення, що забезпечує задану глибину обробки ґрунту за допомогою гвинтової пари рукояткою 4. У процесі робочого руху борони вперед всі диски борони заглиблюються в ґрунт на задану глибину до контакту копирів 7 з ґрунтом. В процесі роботи при першому проході глибиноміром (лінійкою) визначається отримана глибина обробки ґрунту і величина занурення копирів і, при необхідності, в регулювання вноситься поправка. Так як задні копирі, що йдуть по обробленому ґрунту, будуть занурюватися в нього більше ніж передні колеса, тому це теж повинно бути враховано регулюванням. При цьому вага борони повинна гарантовано забезпечувати заглиблення дисків 2. Каток 6 опускається на поверхню ґрунту і своєю вагою буде вирівнювати оброблений ґрунт. Після цього борона повністю готова до виконання робіт на полі.

Недоліком такої борони є неконтрольоване заглиблення дисків борони в ґрунт, нерівномірність глибини обробки, що знижує якість роботи і підвищує витрата палива трактора при надмірному заглибленні дисків в ґрунт. У зв'язку з тим, що сферичні диски тільки в другому та третьому ряду розташовані симетрично до поздовжньої осі борони, борону в процесі роботи розвертає в горизонтальній площині щодо точки причепа в ту чи іншу сторону, що призводить до огріхів в ґрунту.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБЛЕННЯ ЕКОЛОГОБЕЗПЕЧНОГО ТА ЕНЕРГООЩАДНОГО ГРУНТООБРОБНОГО ЗНАРЯДДА

Енергозберігаюче екологічнобезпечне ґрунтообробне знаряддя (рис. 3.1) призначене для розпушування і підготовки ґрунту під посів, знищення бур'янів і подрібнення поживних залишків, для оброблення шарів ґрунту після оранки цілих земель, для передпосівної підготовки ґрунту без попередньої оранки та обробітку ґрунту після збирання просапних культур, а також догляду за луками і пасовищами.

Для роботи борони використовується тягове зусилля трактора. Борона агрегується з тракторами класу 1,4-2,0 кН і має ширину захвату 2,0 м. Робоча швидкість 6-12 км/год.

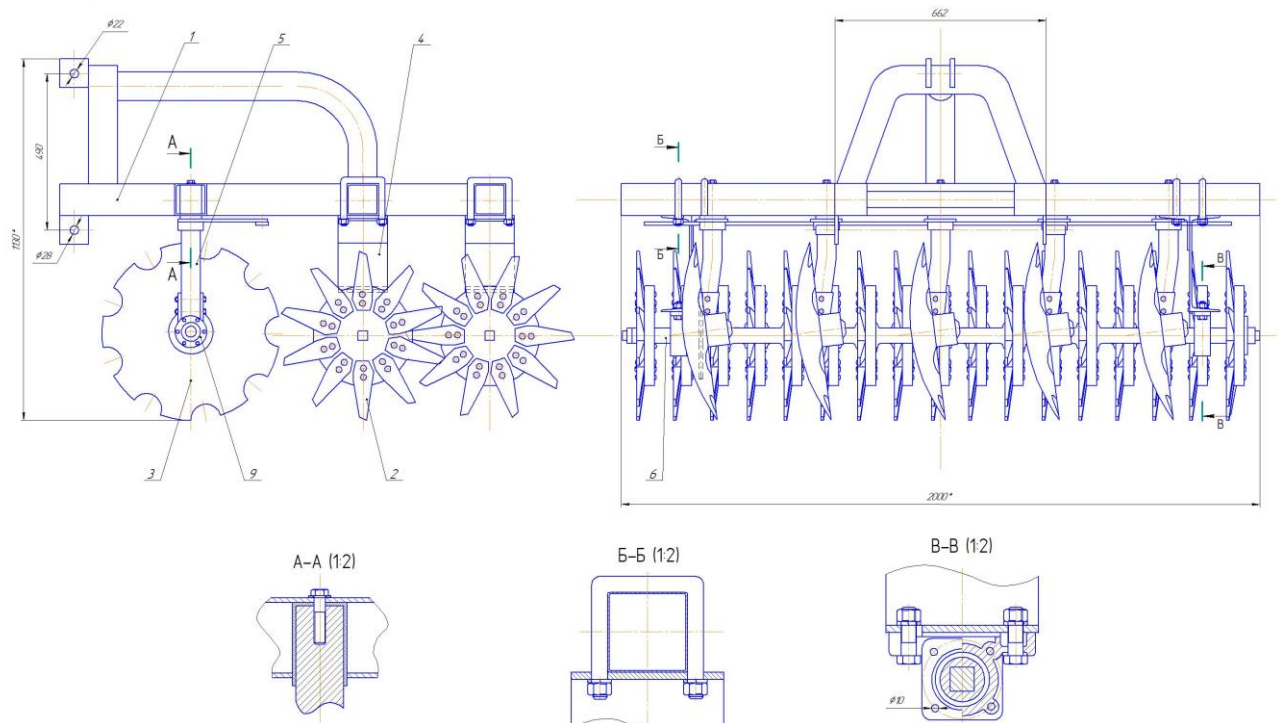


Рис. 3.1. Схема енергозберігаючого екологічнобезпечного ґрунтообробного знаряддя: 1 – рама; 2 – фреза; 3 – ротор; 4 – поворотна стійка; 5 – фіксована стійка

Ґрунтообробне знаряддя складається з рами 1, на якій встановлені робочі органи. У передній частині рами 1 кріпляться сферичні диски 3 з поворотною стійкою 4 які симетрично розташовані по ширині захвату з можливістю повороту щодо своєї осі для регулювання кута атаки робочого органу в межах 12, 15, 18 градусів. У задній частині рами розташовані батареї фрез 2 які під впливом руху агрегату і заглиблення ножів у ґрунт починають обертатися за рахунок з'єднання їх валів ланцюгової передачею.

При поступальному русі агрегату борона, що встановлена в робоче положення, заглиблюється дисками в ґрунт. Диски, обертаючись, кришать верхній шар ґрунту, підрізають рослинні залишки і перемішують їх з ґрунтом.

Вирізи в дисках покращують дроблення пластів, підрізання і загортання рослинних залишків.

Передня батарея фрез (рис. 3.2) через ведучу зірочку 1 передає обертальний рух через ланцюгову передачу 4 відомій зірочці 2. За рахунок передавального відношення 1:2 задня батарея фрез здійснює більшу кількість оборотів, тим самим покращуючи якість оброблення ґрунту, знищення бур'янів і подрібнення поживних залишків.

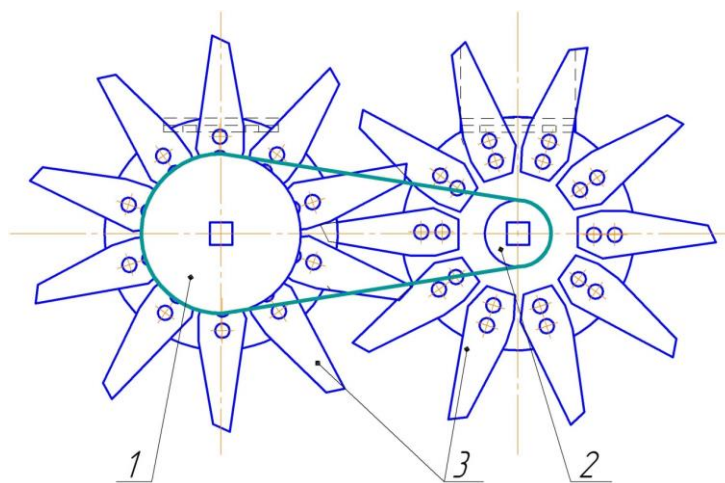


Рис. 3.2. Схема робочого органу

1 – ведучий ротор; 2 – відомий ротор; 3 – ніж; 4 – ланцюгова передача

Виглиблення робочих органів з ґрунту при поворотах і транспортуванні здійснюється трактористом за допомогою навіски трактора.

Рівномірність заглиблення передніх і задніх батарей регулюється зміною висоти навісного пристрою над поверхнею ґрунту.

Визначимо діаметр ротора з умови забезпечення заданої глибини обробітку ґрунту. При цьому необхідно враховувати, що робочі органи мають індивідуальне розміщення на рамі.

$$D = \frac{b^2}{4a \sin^2 \theta} + a, \quad (3.1)$$

де θ – кут атаки сферичного робочого органу, град.

Знаючи діаметр знайдемо кут атаки:

$$\sin^2 \theta = \frac{b^2 \cos \alpha}{4a \left(D - \frac{a}{\cos \alpha} \right)}; \quad (3.2)$$

$$\sin \theta = \frac{b \sqrt{\cos \alpha}}{2 \sqrt{a \left(D - \frac{a}{\cos \alpha} \right)}}; \quad (3.3)$$

де α – кут нахилу сферичного робочого органу, град.

Так як ротор використовується без нахилу, то $\alpha = 0$. Тому:

$$\theta = \arcsin \frac{b}{2 \sqrt{a(D-a)}}. \quad (3.4)$$

Таким чином, кут атаки сферичного диска залежить від ширини і глибини утвореної борозни, а також діаметра диска.

Розрахуємо радіус сфери диска.

Діаметр диска і радіус сфери пов'язані співвідношенням:

$$D = 2R \cdot \sin \varphi \quad (3.5)$$

Із цього рівняння походить:

$$R = D / 2 \sin \varphi \quad (3.6)$$

де φ - половина центрального кута сферичного сектора.

Обчислюємо теоретичну висоту гребнів c , відстані між гребнями s і ступінь нерівномірності глибини обробітку ґрунту, %.

За агровимогами для дискових борін допускається $c \leq a$.

Висота гребнів c на дні борозни, утвореної диском, залежить від діаметра диска D , кута атаки θ і відстані між дисками b

$$D_c = 2 \times (c \times (D - c))^{1/2} \quad (3.7)$$

Знаходимо відстань між дисками виходячи з наступного умови:

$$D_c = b \cdot \text{ctg} \theta \quad (3.8)$$

$$b = D_c / \text{ctg} \theta, \text{ мм}$$

Знаходимо теоретичну висоту:

$$c_T = 0.5 D - 0.5 \times (D^2 - b^2 \times \text{ctg}^2 \theta)^{1/2}$$

Якість роботи дискових знарядь оцінюють рівномірністю обробки ґрунту по глибині:

$$\eta_T = (2as - c_T s) / 2as = 1 - c_T / 2a$$

Розрахунок зірочок проводимо за методикою розрахунку, запропонованою в [1] на прикладі зірочки з 11 зубами. Параметри інших зірочок з кількістю зубів 12; 18; 32; 40; 48, відповідно, будуть представлені в таблиці.

Для приводу вибираємо роликівий однорядний ланцюг ПР-12,7-900-2 з кроком ланцюга $t = 12,7$ мм і діаметром ролика $d_1 = 7,75$ мм.

Діаметр ділильного кола D_d :

$$d_d = t \cdot \operatorname{cosec} \frac{180^\circ}{z} = 12,7 \cdot \operatorname{cosec} \frac{180^\circ}{11} = 12,7 \cdot 3 \cdot 5,495 = 45,07 \text{ мм}$$

Діаметр виступів D_e :

$$D_e = t \left(0,5 + \operatorname{ctg} \frac{180^\circ}{z} \right) = 12,7 \left(0,5 + \operatorname{ctg} \frac{180^\circ}{11} \right) = 49,60 \text{ мм};$$

Діаметр впадин D_i :

$$D_i = d_d - 2r = 45,07 - 2 \cdot 3,94 = 37,19 \text{ мм}$$

Найбільша контрольна хорда L_X :

$$L_X = d_d \cdot \cos \frac{95^\circ}{z} - 2r = 45,07 \cdot \cos \frac{95^\circ}{11} - 2 \cdot 3,94 = 36,67 \text{ мм};$$

Радіус впадин r :

$$r = 0,5025 \cdot d_1 + 0,05 = 0,5025 \cdot 7,75 + 0,05 = 3,94 \text{ мм.}$$

Радіус сполучень r_1 :

$$r_1 = 0,8 \cdot d_1 + r = 0,8 \cdot 7,75 + 3,94 = 10,14 \text{ мм.}$$

Радіус головки зуба r_2 :

$$\begin{aligned} r_2 &= d_1(1,24 \cdot \cos \varphi + 0,8 \cdot \cos \beta - 1,3025) - 0,05 \\ &= 7,75(1,24 \cdot \cos 11,18 + 0,8 \cdot \cos 12,9 - 1,3025) - 0,05 = 5,32 \text{ мм} \end{aligned}$$

Половина кут впадини α :

$$\alpha = 55 - \frac{60^0}{z} = 55 - \frac{60^0}{11} = 49,54.$$

Кут ковзання β :

$$\beta = 18^0 - \frac{56^0}{z} = 18^0 - \frac{56^0}{11} = 12,9.$$

Половина кута зуба φ :

$$\varphi = 17^0 - \frac{64}{z} = 17^0 - \frac{64}{11} = 11,18.$$

Найменший радіус заокруглення зуба r_3 :

$$r_3 = 1,7 \cdot d_1 = 1,7 \cdot 7,75 = 13,17 \text{ мм.}$$

Відстань від величини зуба до лінії центру дуг заокруглення H :

$$H = 0,8 \cdot d_1 = 0,8 \cdot 7,75 = 6,2 \text{ мм.}$$

Найбільший діаметр обода D_c :

$$D_c = t \cdot ctg \frac{180^\circ}{z} - 1,3h,$$

де h – найбільша ширина платини ланцюга, $h=10,0$ мм,

$$D_c = 12,7 \cdot ctg \frac{180^\circ}{11} - 1,3 \cdot 10 = 30,25 \text{ мм.}$$

Ширина зуба зірочки m_1 :

$$m_1 = 0,93 \cdot B_{вн} - 0,15,$$

де $B_{вн}$ – відстань між внутрішніми платинами ланцюга, $B_{вн}=3,3$ мм;

$$m_1 = 0,93 \cdot 3,3 - 0,15 = 3 \text{ мм.}$$

При виборі типу і розмірів підшипників враховують такі чинники:

- 1) величину і напрямок навантаження (радіальна, осьова, комбінована);
- 2) характер навантаження (постійна, змінна, ударна);
- 3) необхідна довговічність;
- 4) число обертів обертового кільця підшипника;
- 5) навколишнє середовище (температура, вологість, кислотність і т.д.);
- 6) особливі вимоги до підшипника, що пред'являються конструкцією вузла пластини.

У нашому випадку вибираємо підшипник радіальний однорядний, важкої серії по ДСТУ 8882-2005; так як діаметр вала у нашій деталі $d=20$ мм – підшипник 180504: $d=20$ мм; $D=47$ мм; $B=18$ мм; $r=1,5$; $c=840$ кН; $C_0=510$ кН; $n=5000$ об/хв; $m=0,15$ кг; $D_m=8,1$; $z=8$.

Призначаємо клас точності – рівний нормальному класу 0.

1. Визначаємо динамічну вантажопідйомність C , кН:

Для радіальних однорядних підшипників:

$D < 25,4$ мм за формулою:

$$c = f_c (i \cdot \cos \alpha)^{0,7} \cdot z^{2/3} \cdot D_m^{1/8}, \quad (3.9)$$

де c – динамічна вантажопідйомність, кН;

z – число тіл кочення в одному ряду

$$z = 2,9 \frac{D+d}{D-d} = 2,9 \frac{47+20}{47-20} = 7,19, \text{ приймаємо } z=8;$$

D_m - діаметр тіла кочення, мм

$$D_m = 0,3(D - d) = 0,3(47 - 20) = 8,1 \text{ мм};$$

i – число рядів тіл кочення в підшипнику, $i = 1$;

α – номінальний кут контакту;

f_c – коефіцієнт для динамічного навантаження, що залежить від геометрії деталей підшипника.

$$(\cos \alpha)^{0,7} = 0,976; i^{0,7} = 1; z^{2/3} = 4; D_m^{1/4} = 1,68; d_m = \frac{D}{d} = \frac{47}{20} = 2,35;$$

$$\frac{D_m \cdot \cos 15^\circ}{2,35} = 0,69; f_c = 4,92; c = 4,92 \cdot 1 \cdot 0,976 \cdot 4 \cdot 1,68 = 32,2 \text{ Н.}$$

По динамічній вантажопідйомності підшипник 180504 підходить, так як $C_T > C_p$.

2. Обчислюємо еквівалентне динамічне навантаження

$$P = X \cdot V \cdot F_r + Y \cdot F_a; \quad (3.10)$$

де F_r - постійне за величиною і напрямком радіальне навантаження, Н;
 $F_r=500$;

F_a - постійна за величиною і напрямком осьова складова навантаження,
 $F_a=250$ Н;

X - коефіцієнт радіального навантаження;

V - коефіцієнт обертання ($V = 1$ при внутрішньому кільці, що обертається по відношенню до навантаження; $V = 1,2$ - при внутрішньому кільці, нерухомому по відношенню до навантаження).

З урахуванням коефіцієнта безпеки і температурного коефіцієнта (при температурі підшипника понад 1000) для кулькових радіальних:

$$P = (X \cdot V \cdot F_r + Y \cdot F_a) \cdot k_\tau \cdot k_T; \quad (3.11)$$

де k_τ, k_T – коефіцієнти безпеки та температури;

Для однорідних підшипників при $\frac{F_a}{V F_r} \leq e$ приймаємо $X=1$ и $Y=0$; $k_\tau = 1,2$;
; $k_T = 1,0$; $V = 1,2$.

Тоді

$$P = (1 \cdot 1,2 \cdot 500 + 0) \cdot 1,2 \cdot 1 = 720 \text{ Н.}$$

3. Визначаємо номінальну довговічність L , років, оборотів радіального однорядного шарикопідшипника 180504 ДСТУ 8882-2005, у якого $C=840 \text{ Н}$; $C_0=510 \text{ Н}$; $F_r=500 \text{ Н}$; $F_a=250 \text{ Н}$; $n=200 \text{ хв-1}$.

За умовами роботи: $V = k_\tau = 1,2$; $k_T = 1,0$.

Знаходимо $F_a / F_r = 250/500 = 0,5 \geq e$ з [2]

Буде $X = 0,56$; $Y = 1,15$

Еквівалентне динамічне навантаження:

$$P = (X V F_r + Y F_a) \cdot K_\sigma \cdot K_T = (0,56 \cdot 1,2 \cdot 500 + 1,15 \cdot 250) \cdot 1,2 \cdot 1 = 838,2 \text{ Н.}$$

Номінальна довговічність визначається:

$$L = \left(\frac{C}{P}\right)^P ; \quad (3.12)$$

де P – степеневий показник $P=3$

C – динамічна вантажопідйомність

$$L = \left(\frac{839}{838,2}\right)^3 = 100 \text{ млн. оборотів.}$$

За формулою довговічності підшипника, год

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot n} \left(\frac{C}{P} \right)^P = \frac{10^6 L}{60 \cdot n}; \quad (3.13)$$

де n – частота обертання підшипника, хв^{-1}

$$L_h = \frac{10^6 \cdot 100}{60 \cdot 200} = 0,0083 \cdot 10^6 = 8300 \text{ часов.}$$

4. Визначимо статичну вантажопідйомість.

$$C_0 = f_0 \cdot i \cdot z \cdot D^2 \cdot \cos \alpha, \quad (3.14)$$

де f_0 – коефіцієнт, що враховує геометрію деталей радіального підшипника, точність їх виготовлення і матеріал; $f = 0,125$.

$$C_0 = 0,125 \cdot 1 \cdot 8 \cdot 47^2 \cdot 0,967 = 2136,1 \text{ Н.}$$

Еквівалентне статистичне навантаження:

$$P_0 = X_0 \cdot F_r + Y_0 \cdot F_a = 0,6 \cdot 500 + 0,5 \cdot 250 = 425 \text{ Н}$$

$P_0 = F_r$, як найбільше значення із наведених рівностей;

5. Гранична частота обертання:

$$n = \frac{(d_m \cdot n)k}{d_m}; \quad (4.15)$$

де d_m – швидкісний параметр, найменше значення якого дорівнює $d_m \cdot n = 4,5 \cdot 10^5$ млн. хв⁻¹;

$$n = \frac{4,5 \cdot 10^5 \cdot 0,74}{2,86} = 1,16 \cdot 10^4 = 11600 \text{ хв}^{-1}.$$

Номінальна частота обертання $n_{\text{ном}} = 8000 \text{ хв}^{-1}$.

Тоді обираємо два підшипника 180504 ДСТУ 8882-2005. Посадка підшипника на вал по внутрішньому кільцю проводиться за системою отвору, а зовнішнього кільця в корпус – по системі вал.

Висновки до розділу

Енергозберігаюче екологічнобезпечне ґрунтообробне знаряддя призначене для розпушування і підготовки ґрунту під посів, знищення бур'янів і подрібнення поживних залишків, для оброблення шарів ґрунту після оранки цілинних земель, для передпосівної підготовки ґрунту без попередньої оранки та обробітку ґрунту після збирання просапних культур, а також догляду за лугами і пасовищами.

Ґрунтообробне знаряддя складається з рами, на якій встановлені робочі органи. У передній частині рами 1 кріпляться сферичні диски з поворотною стійкою, що симетрично розташовані по ширині захвату з можливістю повороту щодо своєї осі для регулювання кута атаки робочого органу в межах 12, 15, 18 градусів. У задній частині рами розташовані батареї фрез які під впливом руху агрегату і заглиблення ножів у ґрунт починають обертатися за рахунок з'єднання їх валів ланцюгової передачею.

При поступальному русі агрегату борона, що встановлена в робоче положення, заглиблюється дисками в ґрунт. Диски, обертаючись, кришать верхній шар ґрунту, підрізають рослинні залишки і перемішують їх з ґрунтом.

Вирізи в дисках покращують дроблення пластів, підрізання і загортання рослинних залишків.

Передня батарея фрез через ведучу зірочку 1 передає обертальний рух через ланцюгову передачу 4 відомій зірочці 2. За рахунок передавального відношення 1:2 задня батарея фрез здійснює більшу кількість оборотів, тим самим покращуючи якість оброблення ґрунту, знищення бур'янів і подрібнення поживних залишків.

ВИСНОВКИ

Аналіз конструкції комбінованих машин, а також технологічних процесів, виконуваних ними, дозволив сформулювати основні вимоги до конструктивно-технологічної схеми екологобезпечного та енергоощадного ґрунтообробного знаряддя:

- робочі органи повинні забезпечувати структуру ґрунту в оброблюваній смузі відповідно до агротехнічних вимог;

- робочі органи повинні забезпечувати необхідну глибину обробки ґрунту до 20 см; та забезпечувати повне знищення бур'янів. Енергозберігаюче екологобезпечне ґрунтообробне знаряддя призначене для розпушування і підготовки ґрунту під посів, знищення бур'янів і подрібнення поживних залишків, для оброблення шарів ґрунту після оранки цілинних земель, для передпосівної підготовки ґрунту без попередньої оранки та обробітку ґрунту після збирання просапних культур, а також догляду за луками і пасовищами.

Ґрунтообробне знаряддя складається з рами, на якій встановлені робочі органи. У передній частині рами 1 кріпляться сферичні диски з поворотною стійкою, що симетрично розташовані по ширині захвату з можливістю повороту щодо своєї осі для регулювання кута атаки робочого органу в межах 12, 15, 18 градусів. У задній частині рами розташовані батареї фрез які під впливом руху агрегату і заглиблення ножів у ґрунт починають обертатися за рахунок з'єднання їх валів ланцюгової передачею.

При поступальному русі агрегату борона, що встановлена в робоче положення, заглиблюється дисками в ґрунт. Диски, обертаючись, кришать верхній шар ґрунту, підрізають рослинні залишки і перемішують їх з ґрунтом.

Вирізи в дисках покращують дроблення пластів, підрізання і загортання рослинних залишків.

Передня батарея фрез через ведучу зірочку 1 передає обертальний рух через ланцюгову передачу 4 відомій зірочці 2. За рахунок передавального відношення 1:2 задня батарея фрез здійснює більшу кількість оборотів, тим самим покращуючи якість оброблення ґрунту, знищення бур'янів і подрібнення поживних залишків.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Войтюк Д.Г, Дубровін В.О., Іщенко Т.Д. та ін. «Сільськогосподарські машини та меліоративні машини» Київ, «Вища освіта» 2004.
2. Шикуча М. К., Балаєв А. Д., Демиденко О. В. Роль ґрунту та ґрунтозахисна роль соломи та інших післязривних залишків в агроценозах. Вісник сільськогосподарської науки. 2003. №4 с. 27-32.
3. Kukharets S., Golub G., Biletskii V., Medvedskyi O. Substantiation of the parameters of the disk-knife working body and the study of its work. Research in Agricultural Engineering. 2018. Vol. 64, no. 4, pp. 195–201.
4. Шелудченко Б.А. Агромеханіка ґрунтів. Житомир, Полісся, 1992. – 249с.
5. Боженко В. О. Сільськогосподарські машини та їх використання /В. О. Боженко. – К.: Аграрна освіта, 2009. – 420 с.
6. Golub G.A., Chuba V.V, Kukharets S.M., Tsyvenkova N.M. Yarosh Y.D. Calculation of a track formation process during wheel-ground interaction. INMATEH – Agricultural Engineering. 2019. Vol. 59. No. 3. P. 69–76. DOI: 10.35633/INMATEH-59-08.
7. Сільськогосподарські машини: підручник / Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, В.В. Іщенко та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. — К.: «Агроосвіта», 2015. — 679 с.