

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО**

Механіко-технологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Машиновикористання в землеробстві

доцент _____ Володимир КУВАЧОВ

“ ___ ” _____ 2021 року

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи
здобувача ступеня вищої освіти Магістр

на тему: **«ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ
МІЖРЯДНОГО ОБРОБІТКУ ПОСІВІВ ПРОСАПНИХ КУЛЬТУР
З ВИКОРИСТАННЯМ БОРОНИ РОТАЦІЙНОЇ ПРУЖИННОЇ В
УМОВАХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ТОВ «НИВА»
МИХАЙЛІВСЬКОГО РАЙОНУ ЗАПОРІЗЬКОЇ ОБЛАСТІ»**

Виконав: здобувач ВО 21 МБАІ групи 2 курсу
Спеціальності 208 Агроінженерія
за ОПП Агроінженерія

_____ Антон БОРОДІН

**Мелітополь
2021**

РЕФЕРАТ

Дипломна робота: 90 сторінок машинопису, 5 розділів, 10 таблиць, 24 джерела літератури.

Графічна частина роботи – 6 листів формату А1.

Мета роботи – підвищення ефективності технологічного процесу міжрядного обробітку посівів просапних культур в умовах Запорізької області шляхом обґрунтування схеми та параметрів засобів механізації для його реалізації.

В роботі проаналізовано актуальність теми, виявлено проблеми міжрядного обробітку посівів просапних культур

Обґрунтовано технологію міжрядного обробітку соняшника з використанням борони ротаційної пружинної.

Теоретично досліджено процес взаємодії пружинних зубів ротаційної борінки з ґрунтом.

Проаналізовано, обґрунтовано та розроблено заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Розраховано економічну ефективність виконання технологічного процесу міжрядного обробітку посівів просапних культур з використанням борони ротаційної пружинної

Ключові слова: МІЖРЯДНИЙ ОБРОБІТОК, РОТАЦІЙНА ПРУЖИННА БОРІНКА, ДОСЛІДЖЕННЯ, МОДЕЛЮВАННЯ, ЕФЕКТИВНІСТЬ.

ЗМІСТ

Вступ	7
1 Актуальність теми та аналіз проблеми міжрядного обробітку посівів просапних культур	9
1.1 Аналіз існуючої технології догляду за посівами просапних культур	9
1.3 Аналіз ефективності використання просапних культиваторів та їх робочих органів	12
1.4 Висновки до розділу	20
2. Обґрунтування технології міжрядного обробітку соняшника з використанням борони ротаційної пружинної	22
2.1 Агротехнічні вимоги до міжрядного обробітку	22
2.2 Обґрунтування схеми культиваторного агрегату в складі борони ротаційної пружинної	22
2.3 Обґрунтування схеми розміщення робочих органів на просапному культиваторі та їх параметри	33
2.4 Розроблення техніко-технологічної системи на міжрядний обробіток посівів соняшника	34
3 Теоретичні дослідження процесу взаємодії пружинних зубів ротаційної борінки з ґрунтом	52
4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	68
4.1 Рекомендації щодо безпечного застосування сільськогосподарської техніки при виконанні основних агротехнологічних операцій у рослинництві	68
4.2 Вимоги з охорони праці під час експлуатації культиваторного МТА	71
4.3 Запобігання виникнення надзвичайних ситуацій	76
5 Розрахунок економічної ефективності виконання технологічного процесу міжрядного обробітку посівів просапних культур з використанням борони ротаційної пружинної	80
Висновки	88
Список літератури	91

ВСТУП

Вагомим обмежувальним фактором вирощування просапних культур, зокрема соняшнику, є рівень забур'яненості його посівів. Навіть попри широке впровадження сучасних високоефективних хімічних засобів захисту вони і надалі залишаються шкідливими об'єктами, які знижують урожай більш ніж на третину.

Бур'яни відзначаються високою шкодочинністю по відношенню до соняшнику. Вони виснажують та висушують ґрунт, пригнічують ріст і розвиток культурних рослин, знижують урожайність і якість насіння. Дикорослі види є резерватом хвороб і шкідників, вони ускладнюють процес збирання, збільшують витрати на очищення та сушіння продукції, а також пального на обробіток ґрунту.

В останні десятиріччя в землеробстві Степу внаслідок кризових явищ збільшилась потенційна засміченість чорноземів в орному шарі ґрунту вегетативними (150–300 тис. пагонів/ га) і насінневими (0,5–1,0 млрд шт./ га) органами розмноження. Через надмірну потенційну засміченість ґрунту на чорних парах і у посівах просапних культур за вегетаційний період може з'явитися на 1 м² до 1,5–2,0 тис. сходів малорічних і 15–30 паростків або пагонів багаторічних коренепаросткових бур'янів.

Традиційне механічне знищення бур'янів через проведення багатьох міжрядних культивацій зумовлює проблему зменшення врожаїв просапних культур і деградації ґрунтів. І це є закономірним наслідком бажання отримати більше, витративши менше. Проблема – не в тому, що соняшник займає 20–25% посівних площ, а в тому, що ігноруються необхідних заходів для компенсації його впливу на ґрунт і інші культури сівозміни. І якщо в упор не помічати змін в балансі поживних речовин і вологи, то ситуацію не виправить навіть обмеження 7–8 років на повторний посів.

Вже стало зрозумілим, що надмірна кількість міжрядних обробітків соняшника недоцільна, бо призводить до негативних наслідків. Ґрунт під впли-

вом робочих органів і ходових систем машин ущільнюється, розтирається (розпилюється), утворюються колії і сліди. Внаслідок цього знижується врожайність культури, руйнується структура ґрунту, виникає вітрова і водна ерозія, збільшуються витрати на обробіток.

В серійних просапних культиваторів для догляду за посівами просапних культур, які сьогодні позиціонуються на ринку с.-г. техніки, практично відсутні нові робочі органи для мілкового ефективного обробітку.

Водночас останнім часом в світі при міжрядному обробітку посівів просапних культур ефективно застосовують для закриття вологи, руйнування кірки, знищення бур'янів ротаційні і пружинні борони, які є багатофункціональними знаряддями. Особливість їхніх конструкцій та режимів роботи забезпечують щадну дію на поверхневий шар ґрунту в точці контакту з ним робочого органу та водночас якісне виконання технологічного процесу з мінімальним негативним впливом на культурні рослини. Такі знаряддя є потужною альтернативою використанню хімічних методів боротьби з бур'янами, до того вони чинять комплексну дію на ґрунт.

В зв'язку з цим метою дипломної роботи є підвищення ефективності міжрядного обробітку посівів просапних культур, шляхом обґрунтування технології і засобів механізації для її реалізації.

1 АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ ТА АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ МІЖРЯДНОГО ОБРОБІТКУ ПОСІВІВ ПРОСАПНИХ КУЛЬТУР

1.1 Аналіз існуючої технології догляду за посівами просапних культур

Догляд за посівами просапних культур, зокрема соняшника та кукурудзи, можна розділити на дві складові: боротьба з бур'янами (шкідниками) і підживлення рослин [1].

У початковій фазі росту соняшник не може скласти конкуренцію бур'янів. Тому необхідно, щоб посіви соняшнику на першому етапі (40 днів) були вільними від бур'янів. Після змикання рядів, культурні рослини вже мають досить високу конкурентоздатність до бур'янів. Винятком є вівсюг і кореневищні.

Оптимальним варіантом боротьби з бур'янами є суміщення механічних і хімічних методів.

Технологія догляду за просапними культурами зводиться до наступного [2]. Після посіву проводять до сходову обробку боронами, але ефективність такого заходу мінімальна. Найбільш доцільно проводити після сходовий міжрядний обробіток просапними культиваторами. Крім знищення бур'янів дана процедура покращує ґрунтовий режим і забезпечує до 10% надбавки до врожаю. Вказана дія виконують у трикратній повторності, зокрема:

1) коли рослини знаходяться у фазі сім'ядоль і рядки чітко проглядаються. Якщо ж був внесений досходовий гербіцид, то обробку проводять, як мінімум, через 10 днів після його внесення;

2) інтервал між першою і другою обробкою повинен скласти 10 - 15 днів. Рослина має бути заввишки 20 - 30 см і мати дві пари листя;

3) проводиться коли культура знаходиться в фазі 5-6 листків і досягла висоти 30 - 40 см.

Для підвищення результативності боротьби з бур'янами, механічне видалення бур'янів доповнюють хімічним способом шляхом внесенням гербіцидів. До таких гербіцидів можна віднести: Гезагард 500 FW к.с., Дуал Голд 960 ЕС к.е., Оскар 900 ЕС к.е., Фюзілад Форте 150 ЕС к.е. Для підвищення ефективності можна використовувати їх комбінації (бакові суміші). Перші три, наведених в прикладі гербіцидів, необхідно закладати в ґрунт. Фюзілад Форте застосовують по вегетуючих бур'янах в фазі 2 - 4 листків. Але ці гербіциди застосовуються до посіву або до сходів основної культури і діють по однорічним злакам, певним дводольним, а Фюзілад Форте ще й за багаторічними злаками. Коренеотприскові і кореневищні багаторічні бур'яни необхідно видаляти заздалегідь, в інших циклах сівозміни.

Дуже результативним прийомом, який підвищує урожай і його якість, а також стійкість рослин до хвороб і шкідників є позакореневе підживлення спеціальними препаратами. До таких препаратів відносять: Хелатні мікродобрива для соняшника «LF-ОЛІЙНІ», гумат калію «Гумат-Лист», біо-препарат LF-ультрафіо (ГАУПСИН) - фунгіцид + інсектицид + мікродобриво. Застосовувати ці та подібні препарати можна від сходів до фази дозрівання.

Міжрядний обробіток просапних культур виконують для боротьби з бур'янами та розпушування ґрунту. За допомогою міжрядного обробітку створюють мульчувальний шар на поверхні ґрунту, що запобігає утворенню ґрунтових тріщин, через які інтенсивно випаровується волога. Механічний обробіток міжрядь сприяє підвищенню водопроникності та поліпшує повітряний режим ґрунту.

Операції міжрядного обробітку дають змогу підтримувати верхній шар ґрунту у дрібногрудочковому стані. Це сприяє створенню в ньому найкращого водно-повітряного режиму і активізації мікробіологічних процесів.

Існує два різновиди просапних культиваторів. Одні з них передбачають лише різноманітний механічний обробіток міжрядь, а інші, крім ґрунтообробних робочих органів, обладнані ще й туковисівними апаратами та

системою подачі гранул під лапу і дозволяють обробляти міжряддя та вносити гранульовані мінеральні добрива.

При міжрядньому обробітку ґрунту без підживлення мінеральними добривами робочі органи культиваторів повинні повністю підрізати бур'яни в міжряддях, не виносити вологий шар ґрунту на поверхню поля, не пошкоджувати рослини понад 1-2%, не відхилятися від заданої глибини (для неглибокого обробітку це становить 1 см, а для глибокого – 2 см). Підгортаючи рослини, робочі органи повинні утворювати рівний гребінь заданої висоти, вкриваючи дно і стінки борозни розпушеним ґрунтом.

При міжрядньому обробітку з одночасним підживленням рослин культиватори, крім вищевказаних вимог, повинні забезпечувати наступне. Відхилення дози внесення добрив від заданої не повинно перевищувати 15%, а нерівномірність висіву добрив між туковисівними апаратами повинна бути менше 5%. Допускається відхилення глибини загортання добрив від заданої до 3%, а пошкодження рослин при цьому не повинно перевищувати більше як 5%.

Періодичність проведення міжрядних обробітків та їх кількість залежать від структури і стану поверхневого шару ґрунту, ступеня і типу засміченості посівів, біологічних особливостей просапних культур, тривалості вегетаційного періоду. В умовах щільних ґрунтів, при сильній забур'яненості посівів і тривалому вегетаційному періоді кількість обробітків збільшується. Кожний наступний міжрядний обробіток проводять приблизно через 15-20 днів після попереднього. Ефективність обробітку підвищується, якщо його виконують невдовзі після дощу.

Глибина обробітку міжрядь просапних культур залежить від строків його проведення, фази розвитку рослин та вологості ґрунту. У посушливих зонах перший міжрядний обробіток виконують на глибину 10-12 см, другий – на 8-10 см, а третій (якщо це необхідно) – на 6-8 см. У місцях достатнього зволоження ця послідовність необов'язкова, тому що ймовірність висушування ґрунту невисока.

Інтенсивна технологія вирощування просапних культур дозволяє значно зменшити кількість операцій догляду за посівами, але не виключає їх застосування у разі потреби. Якщо на посівах з'являються бур'яни, їх знищують, поєднуючи хімічні й механічні способи.

Залежно від завдань обробітку, ґрунтово-кліматичних умов, способу посіву та періоду вегетації на просапних культиваторах застосовують різні робочі органи.

1.2 Аналіз ефективності використання просапних культиваторів та їх робочих органів

До робочих органів просапних культиваторів відносять різноманітні лапи, підгортальні та борознонарізувальні корпуси, підживлювальні ножі, голчасті диски, зуби борін, роторів, ножі дисків тощо (рис. 1.1) [2].

Залежно від призначення лапи поділяють на прополювальні, розпушувальні і підгортальні. До прополювальних лап належать однобічні (лапи-бритви), стрілчасті плоскорізальні лапи і стрілчасті універсальні, до розпушувальних – долотоподібні або наральникові, а до підгортальних – підгортальні лапи та підгортальні корпуси.

Однобічні плоскорізальні лапи призначені для підрізування бур'янів і розпушування ґрунту на глибину до 6 см. Лапа складається із стояка, горизонтальної частини з лезом та щоки. Щока запобігає присипанню ґрунтом рослин. Бувають праві і ліві лапи. Перші встановлюють із правого боку рядка, а другі – з лівого. Лезо лап заточують зверху під кутом 8-10°. Товщина леза повинна бути не більше 0,5 мм. При переміщенні лапи в ґрунті її лезо перерізує коріння бур'янів, підрізує шар ґрунту, який переміщується по робочій поверхні лапи, подрібнюється і частково переміщується. Ширина захвату лап може становити 85, 120, 150, 165 і 250 мм.

Стрілчасті плоскорізальні лапи застосовують для обробітку ґрунту на невелику глибину (до 6 см) і незначного його розпушення. Використовують лапи з шириною захвату 145, 150 і 260 мм.

Стрілчасті універсальні лапи підрізують бур'яни та інтенсивно розпушують ґрунт на глибину до 12 см, їх застосовують для обробітку ґрунту в міжряддях.

Розпушувальні долотоподібні лапи застосовують для розпушування міжрядь зв'язних і щільних ґрунтів на глибину до 16 см. Нижня частина лапи загнута вперед і має загострений носок у вигляді долота шириною 20 мм. Така лапа досить добре заглиблюється у ґрунт і при переміщенні деформує й розпушує ґрунт на всю глибину без винесення вологого шару на поверхню поля.

Підгортальні лапи призначені для підгортання рослин, підрізання бур'янів у міжряддях та присипання бур'янів у захисних зонах рядка. Лапа складається із стояка, двобічної полиці з розсувними крилами і носка-наральника, загостреного з обох боків. При роботі носок-наральник підрізує ґрунт і переміщує його на ліву та праву робочі поверхні полиці, які спрямовують його в зону рядка, утворюючи гребінь. Висота гребеня ґрунту регулюється переміщенням крил за висотою.

Підгортальний корпус з решітчастою полицею має в нижній передній частині замість наральника стрілчасту лапу, а в крилах полиць – вирізи. Стрілчаста лапа корпуса підрізує ґрунт у міжрядді і подає його на полиці. Частина ґрунту розсипається через проміжки між лапою і передньою частиною полиць та падає на дно борозни. Пальці крил полиць розпушують боки гребеня і стінки борозни. Дно борозни стає розпушеним. Для нарізування невеликих гребенів використовують однобічні підгортальні корпуси (глибина обробітку – до 16 см, висота гребеня – до 25 см).

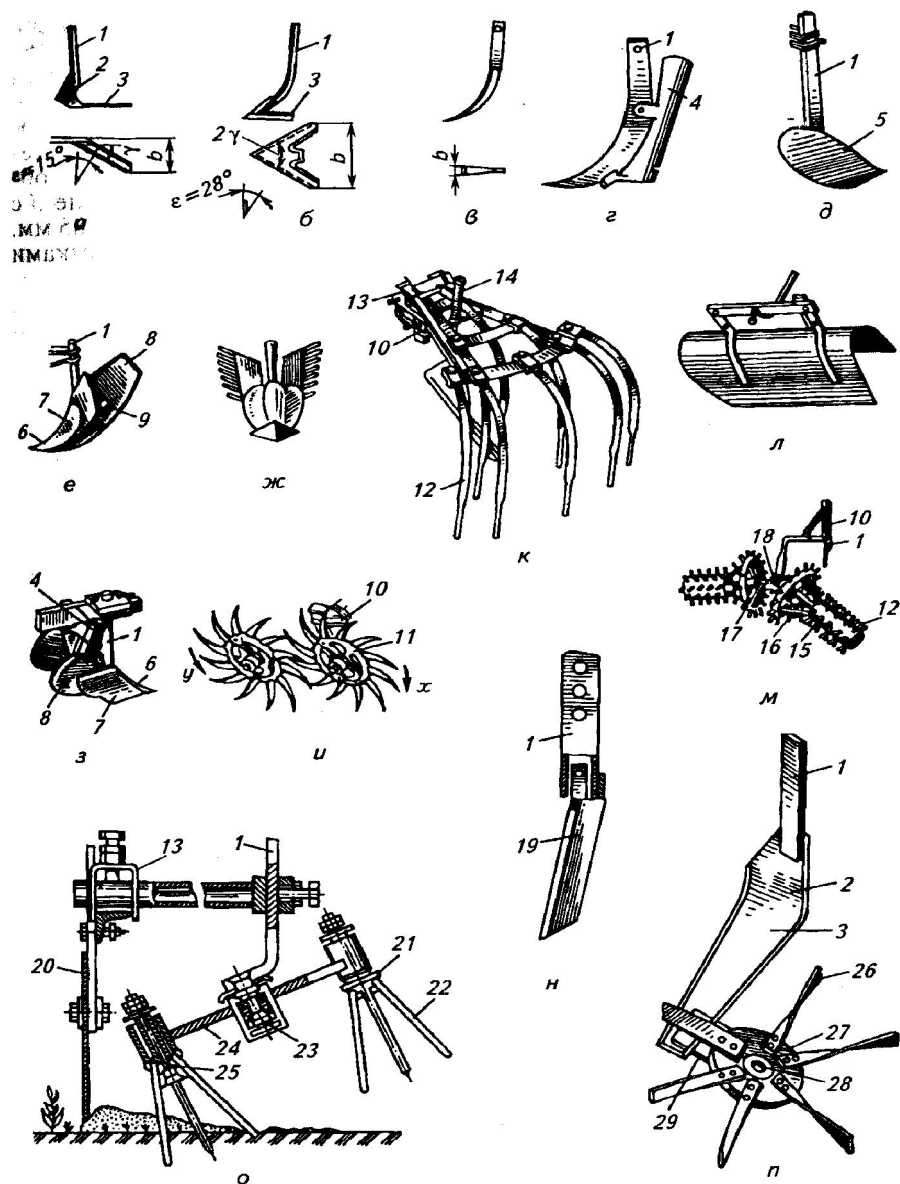


Рисунок 1.1 – Робочі органи просапних культиваторів: а - одностороння плоскоріжуча лапа (бритва); б - універсальна стрілчаста лапа; в - долотоподібна розпушувальна лапа; г – ніж для підживлення; д - лапа-відвальник; е - корпус-підгортальник; ж - підгортальник з ґратчастим відвалом; з - аричний-бороздоріз; і - секція голчастих дисків; к - ланка прополювальної борінки; л - щиток; м - секція ротаційної борінки БРУ-0,7; н - щелеріз; о - прополювальний ротор; п - прополювальний диск; 1 - стійка; 2 - щока; 3 - лезо; 4 - воронка; 5 - відвальник; 6 - наральник; 7 - відвал; 8 - крило; 9 - паз; 10 - рамка; 11, 21, 27 - диски; 12, 22 - зубці; 13, 29 - кронштейни; 14 - пружина; 15 - циліндричний барабан, 16 - конічний барабан; 17, 23, 25, 28 - осі, 18 - тримач; 19, 26 - ножі; 20 - щиток; 21 - розпушувач

Борознонарізувальний корпус призначений для нарізування поливних борозен на глибину до 20 см з одночасним внесенням мінеральних добрив. Корпус має наральник, двосторонню полицю, крила, лійку для добрив і стояк.

Підживлювальний ніж використовують для розпушування міжрядь та загортання в ґрунт добрив на глибину до 16 см. Він має вигляд розпушувальної долотоподібної лапи, до якої позаду прикріплена лійка для подачі добрив на дно борозни.

Пружинні зуби застосовують для розпушування ґрунту у захисних зонах і міжряддях. Рамку з пружинними зубами прикріплюють шарнірно до тримача просапного культиватора. Ротаційні голчасті диски використовують для руйнування ґрунтової кірки і знищення бур'янів. Вони мають загнуті в один бік загострені зуби. Діаметр дисків – 350, 450 і 520 мм. Під час руху дисків у міжряддях і захисних зонах зуби заглиблюються в ґрунт на глибину до 9 см, розпушують його, знищують бур'яни.

Лапи-полички застосовують для підрізування бур'янів, розпушування ґрунту і присипання бур'янів ґрунтом у захисній зоні рядка. Лапа складається із стояка та криволінійної полиці лівого або правого обертання. Лапи-полички встановлюють із лівого та правого боку рядка на відстані 25-27 см від його осі. Глибина обробітку – до 8 см.

Прополювальні борінки – це пружинні зуби, що закріплені на рамці. Вони призначені для розпушування ґрунту в міжряддях та захисних зонах. Встановлюють борінки на просапних культиваторах, шарнірно прикріплюючи їх до кронштейна тримача секції культиватора з метою кращого копіювання рельєфу ґрунту.

Широкозахватна плоскорізальна лапа підрізує бур'яни і розпушує ґрунт у міжряддях. Кут кришіння лапи – 10°. Лапи бувають шириною 250 і 360 мм. На кінці лапи кріпиться прополювальний диск з ножами. Під час роботи диск обертається, ножі підрізують бур'яни і розпушують ґрунт. Глибина обробітку – 60-80 мм.

На більшості культиваторів для міжрядного обробітку робочі органи встановлені за допомогою паралелограмної підвіски. Особливість конструкції паралелограмної підвіски секції робочих органів полягає в тому, що при зменшенні або збільшенні глибини ходу лап кут входження їх залишається незмінним. При цьому гряділь переміщується паралельно своєму початковому положенню. В передній частині гряділя встановлене опорне колесо, яке при русі копіює нерівності рельєфу поля.

Технологія догляду за посівами основних культур.

1) Кукурудза на зерно та силос.

За механізованої технології вирощування кукурудзи необхідно провести два міжрядних обробітки: перший – стрілочастими лапами з прополювальними борінками на глибину 6-8 см, а другий – з прополювальними лапами для знищення бур'янів на глибину 4-6 см. При ущільненні, запливанні та розтріскуванні ґрунту ефективним є проведення лише одного міжрядного обробітку універсальними стрілочастими або долотоподібними лапами на глибину 4-6 см.

До появи сходів обробіток кукурудзи можна проводити тільки на посівах з глибиною висіву насіння глибше 5 см. Після появи сходів обробіток проводять, коли кукурудза знаходиться у стадії трьох листків, дводольні бур'яни досягають стадії «малої розетки», а однодольні – фази одного-двох справжніх листків. Другу культивацію міжрядь проводять, коли кукурудза вже вступила у фазу шести-восьми листків. Робоча швидкість техніки під час проведення операцій повинна становити 6-8 км/год. Ефективність боротьби з бур'янами підвищується, якщо перед посівом ґрунт обробляють сітчастими шлейфами або комбінованими агрегатами.

При механічному обробітку необхідно дотримуватися певних правил:

- Проводити обробіток у другій половині дня, коли тургосценсія рослин кукурудзи знижена і їх чутливість до пошкоджень є нижчою;
- Для зменшення небезпеки пошкодження близько розташованої кореневої системи молодих рослин кукурудзи розпушування ґрунту слід

проводити на невелику глибину. З цієї ж причини необхідно обов'язково залишати необробленими захисні смуги по обидва боки рядка. При низькій засміченості механічний обробіток поля може бути досить ефективним. При більш сильній засміченості, особливо в несприятливих для розвитку кукурудзи умовах, потрібно провести додаткове стрічкове внесення гербіцидів.

2) Соняшник.

При вирощуванні соняшнику та інших олійних культур кількість та інтенсивність міжрядних обробітків залежить від забур'яненості посівів. Міжрядний обробіток соняшнику потрібно розпочинати після утворення рядків.

На чистих посівах впродовж періоду вегетації достатньо однієї міжрядної культивуації розпушувальними лапами на глибину 8-10 см. На забур'янених площах слід провести повторну культивуацію прополювальними лапами на глибину 5-6 см. На середніх та важких за механічним складом ґрунтах міжрядні обробітки проводять незалежно від забур'яненості посівів.

Наступний обробіток виконують через 12-15 днів після попереднього. При виконанні наступних обробітків глибину зменшують, щоб не пошкодити кореневу систему рослин, які залягають близько до поверхні ґрунту. Для цього застосовують прополювальні або стрілчасті універсальні лапи. Глибина другого міжрядного обробітку повинна бути приблизно 6-8 см, а третього і (за необхідності) наступних – 4-6 см.

На сьогодні просапні культиватори широко представлені як вітчизняними виробниками, такими як ПАТ «Ельворті», ВАТ «Галещина машзавод» (КП-5,6 «Козак Процюк»), ВАТ «Ірпіньмаш» (КУН-8,1), так і закордонними фірмами – Kverneland Group (Kulticrop), Sfoggia (Sfoggia Thema), Harriston (Row Crop Harriston) та ін. Всі ці культиватори мають ширину захвату, кратну ширині захвату просапних сівалок. Вони комплектуються різними змінними робочими органами, які залежно від структури і стану ґрунту, а також біологічної особливості культури дають можливість якісно виконувати міжрядний обробіток та знищення бур'янів [3-11].

Технологію традиційного міжрядного обробітку посівів соняшника в господарствах області можна представити у вигляді табл. 1.1.

В останні роки погляд деяких вчених і аграріїв на механічний міжрядний обробіток посівів просапних культур традиційними культиваторами кардинально змінився. Стало очевидним, що в зонах з недостатньою ґрунтовою вологою обробка культиваторною лапою на глибину до 12 см сприяє не стільки накопиченню, скільки, практично, повної втрати вологи в цьому шарі.

Разом з тим в світі відзначається тенденція до збільшення використання гербіцидних технологій боротьби з бур'янами. Однак з економічної точки зору імпортні препарати для хімпрополки коштовні. Крім цього шкодочинність використання хімпрепаратів для ґрунтової біоти, на нашу думку, багато в чому не вивчена.

Таблиця 1.1 – Міжрядний обробіток посівів соняшника

Черговість проведення	Строк проведення обробітку	Використання обладнання
Перший обробіток на глибину до 8-12 см	При видимості рядів - фаза сім'ядоль. При внесенні гербіцидів до сходів, обробіток проводять не раніше, ніж через 10 днів після внесення.	Просапні лапи Захисні диски
Другий обробіток на глибину до 6-10 см	Через 10 ... 15 днів після першого обробітку (після утворення другої пари листків, до висоти рослин 20 ... 30 см)	Стрілчасті лапи Захисні диски
Третій обробіток на глибину до 4-8 см	В фазі 5-6 листків (до висоти рослин 20...30 см)	Стрілчасті лапи Захисні диски

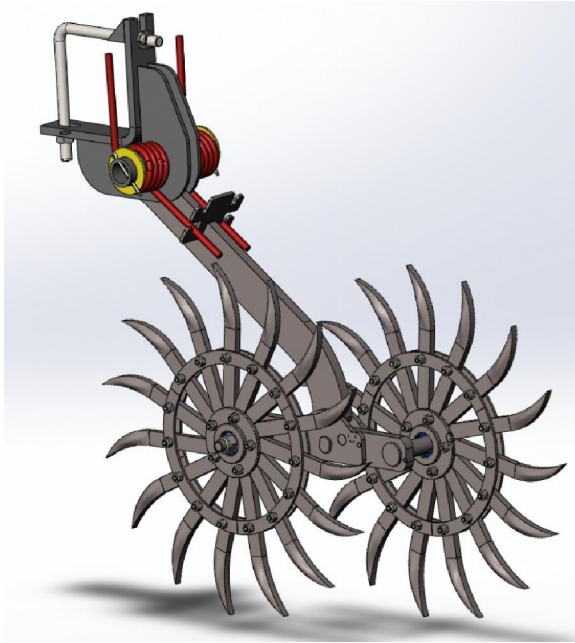
Зазначені проблеми стимулюють сьогодні вчених і інженерів до нових способів міжрядної обробки посівів просапних культур.

Найбільший бум сьогодні в Україні виробляє використання ротаційних і пружинних борін при догляді за посівами культур, в тому числі і просапних [13].

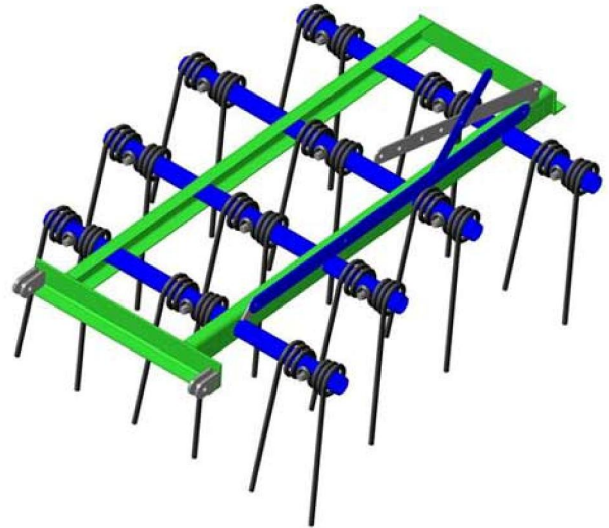
Боронування ротаційними і пружинними боронами (рис. 1.2) на глибині 1-6 см – найбільш простий, доступний і ефективний спосіб боротьби з проростають бур'яном. Вважається, що за один прохід борони на 85% знищуються бур'яни в фазі сходів або нитки [3, 4]. Також боронування дозволяє забезпечувати рослину вологою і сприяє ґрунтової аерації (також вважають, що один прохід борони мотики по полю додає в ґрунт до 100 кг азоту на 1 га). Капіляри, що утворилися в поверхневих, злежалих шарах землі, завдяки розпушуванню знищуються, і волога з ним вже не піднімається вгору і не випаровується даремно. Завдяки аерації поліпшуються процеси циркуляції повітря в ґрунті. Ґрунт більше вбирає нічну вологу (сухий полив), яка утворюється в результаті перепаду температур.

Ефективно боронування посівів і для руйнування ґрунтової кірки, створюючи ідеальні умови для початкового розвитку кореневої системи рослин і забезпечуючи потужний старт їх зростання [3, 4].

Все це в кінцевому підсумку дозволяє підвищити врожайність і якість сільгосппродукції, дає можливість зменшити кількість внесення азотних добрив, а в деяких випадках навіть зовсім відмовитися від їх використання. Також треба відзначити що, боронування значно продуктивніше і дешевше, ніж міжрядні обробки (витрата палива становить 0,6-0,9 літрів на гектар) [3, 4].



а) Секція і робочий орган ротаційної борони-мотики



б) Секція і робочий орган пружинної борони

Рисунок 1.2 – Робочі органи ротаційної і пружинної борін

1.3 Висновки до розділу

Агрокліматичні умови Запорізької області та стан її ґрунтових ресурсів відносить цю зону до зони ризикованого землеробства. Причиною цього є низька річна кількість опадів та низька вологість ґрунтів на період сівби просапних культур. З вказаних причин вважаємо, що обробка культиваторною лапою на глибину до 12 см сприяє не стільки накопиченню, скільки, практично, повної втраті вологи в цьому шарі.

Замість механічної міжрядної обробки посівів просапних культур просапними і стрілочастими лапами культиваторів в проекті пропонується використовувати принцип обробки ґрунту ротаційними і пружинними робочими органами.

За робочу гіпотезу проекту прийнято припущення, за яким передбачається, що міжрядній обробіток посівів просапних культур з використанням борони ротаційної пружинної в умовах Запорізької області

дозволить ефективно знищувати бур'яни в фазі сходів або нитки та сприятиме ґрунтової аерації, завдяки цьому більш ефективно буде проявлятися ефект сухого поливу, який утворюється в результаті перепаду атмосферних температур. Також механічний обробіток запропонованим знаряддям дозволить ефективно виконувати боронування посівів і здійснювати руйнування ґрунтової кірки, створюючи ідеальні умови для початкового розвитку кореневої системи рослин і забезпечуючи потужний старт їх зростання. Все це в кінцевому підсумку дозволить підвищити врожайність і якість сільгосппродукції, надасть можливість зменшити кількість внесення азотних добрив, а в деяких випадках навіть зовсім відмовитися від їх використання.

2 ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ МІЖРЯДНОГО ОБРОБІТКУ СОНЯШНИКА З ВИКОРИСТАННЯМ БОРОНИ РОТАЦІЙНОЇ ПРУЖИННОЇ

2.1 Агротехнічні вимоги до міжрядного обробітку

Міжрядну обробку посівів соняшнику проводять на глибину 6...8 см з одночасним знищенням бур'янів в захисній зоні [13]. При проведенні міжрядних обробок в пізніші фази розвитку бур'яни знищуються в захисних зонах рядків шляхом присипання їх шаром ґрунту. Відхилення фактичної глибини розпушення ґрунту в міжряддях від заданої не повинне перевищувати ± 1 см. Ширина захисної зони при обробці соняшнику в ранні фази розвитку не повинна бути більше 7 см з допустимим відхиленням ± 2 см. При другій обробці міжрядь робочі органи культиватора повинні забезпечувати зминання бур'янів в захисних зонах рядків з подальшим присипанням ґрунтом. Поверхня ґрунту в міжряддях після обробки повинна бути рівною, без крупних грудок; глибина борозен допускається до 3 см. Робочі органи культиватора не повинні виносити вологі шари ґрунту на поверхню поля, але повинні забезпечувати повне підрізання бур'янів у міжряддях і не менше 90 % - в захисних зонах. Робочі органи культиватора не повинні пошкоджувати рослин соняшнику. Допускається присипання культурних рослин в ранні фази розвитку не більш 1 %. При роботі просапного агрегату огріхи і пропуски не допускаються.

2.2 Обґрунтування схеми культиваторного агрегату в складі борони ротаційної пружинної

2.2.1 Опис конструкції культиватора прототипа

Культиватор начіпний для високостеблових культур, типу ALTAIR-5,6 (рис. 2.1), призначений для міжрядного обробітку і підживлення 8-рядних

посівів кукурудзи, соняшнику, рицини та інших просапних культур, висіяних з міжряддями 70 см і для міжрядного обробітку 12-ти рядних посівів сої з міжряддями 45 см.

Культиватор для високостеблових культур з основним набором робочих органів і підживлювальним пристосуванням виконує наступні операції: підрізання бур'янів і розпушення ґрунту в міжряддях (лапами плоскорізальними і лапами універсальними стрілочастими); розпушення міжрядь (лапами розпушувачами долотоподібними); передпосівний обробіток ґрунту; підживлення рослин мінеральними добривами; обробіток міжрядь і захисних зон рядів боронами прополювальними.



Рисунок 2.1 – Культиватор ALTAIR–5,6 виробництва ПАТ «Ельворті»

При роботі культиватора з підживлювальним пристосуванням висів добрив проводиться туковисівними апаратами, шнеки яких приводяться в обертання від зірочки несучого колеса за допомогою механізму передач, встановленого на брусі культиватора.

Культиватор транспортується по дорогах уздовж ширини захвату, опорою при цьому служить транспортний пристрій, на який встановлюються несучі колеса. Сниця призначена для приєднання культиватора до трактора.

Складальні одиниці транспортного пристосування (сниця, транспортний пристрій) є зйомними. Транспортний пристрій кріпиться до кінця бруса, закритого фланцем сниця – до іншого кінця, з просвердленими двома отворами.

Транспортна опора призначена для перевodu культиватора з робочого положення в транспортне і назад.

Для позначення габаритів культиватора в темний час доби на вертикальних стійках транспортного пристрою закріплені світловідбивачі.

Секція робочих органів може встановлюватися в місцях бруса для обробки міжрядь 70 і 90 см. Стяжна гайка з правим і лівим різьбленням дозволяє змінювати кут входження лап в ґрунт.

На кожній секції можна кріпити від одного до чотирьох робочих органів. В транспортному положенні культиватора секції утримуються ланцюгом.

Величина транспортного просвіту регулюється довжиною ланцюга. Для групового регулювання глибини ходу робочих органів на задньому кронштейні підвіски змонтований механізм важеля.

Колеса забезпечені ковпаками із зірочками, які передають обертання до туковисівних апаратів. З протилежної сторони маточини підшипники колеса захищені манжетами і ковпачками, що оберігають від попадання пилу на поверхні, що труть.

Конструкція несучих коліс передбачає їх використання в робочому і транспортному положеннях. Колеса приєднуються до кронштейнів, які кріпляться на брусі або поперечини.

Сниця складається з укороченого замка, шарнірно–сполученого з кронштейном. Кут вертикального і горизонтального повороту замка в шарнірі відповідно рівний – 20 і 90°.

Сниця в транспортному положенні фіксується двома штирями з пружинними шплінтами, а в робочому положенні всовується всередину основного бруса і фіксується одним штирем. Другий штир (для уникнення втрати) необхідно укріпити на транспортній опорі.

Підживлювальне пристосування складається з туковисівних апаратів, кронштейнів, на яких встановлюються апарати, валів (сполучних) за допомогою яких передається обертання від одного валу туковисівного апарата на іншій; механізмів передач з натяжними роликами за допомогою яких передається обертання від опорного колеса на вал туковисівного апарату. Туки з апарата потрапляють до тукопроводів, по яких поступають в розтруб підживлювального ножа, і закладаються в ґрунт.

Механізм передач змонтований на кронштейні. Від несучого колеса через зірочку за допомогою ланцюга рух передається на зірочку, розташовану на першому валу механізму передач. На цьому валу закріплено зубчате колесо, передаюче обертання через паразитні колеса на другий вал. З другого валу за допомогою ланцюгової передачі обертання передається із зірочки і вал апарату.

Диски захисні встановлені на осі, роль якої виконує болт і затиснені між втулкою розпору і накладкою. Диски прикріплюються своїм кронштейном до бруса культиватора скобою. Кронштейн розташований над рядами рослин. Наявність і підвіска ряду отворів дозволяє регулювати кроком 55 мм розташування дисків щодо робочих органів на секції.

Корпуси борозноутворюючі складаються з полиці, стійки, носка та крил, за допомогою яких відбувається утворення борозни і патрубків, через які в ґрунт надходять мінеральні добрива. Встановлюються борозноутворюючі корпуси в центральних утримувачах секцій.

Корпуси, що підгортають складаються з полиці, стійки, носка та крил, за допомогою яких відбувається підгортання культурних рослин, встановлюються в центральних утримувачах секцій.

2.2.2 Обґрунтування технології догляду за посівами просапних культур та технічних засобів для цього

При вирощуванні соняшнику застосовуються хімічні засоби боротьби з бур'янами на всіх етапах реалізації інтенсивної технології: в системі основної і передпосівної підготовки ґрунту і при догляді за посівами. Таке насичене застосування гербіцидів забезпечує чисті від бур'янів посіви і достатньо високі і стабільні урожаї зерна всіх форм насіння кукурудзи. Проте, хімічні препарати, що вносяться тричі, відчутно підвищують витрати на виробництво насіння [2].

З іншого боку, за результатами наукових досліджень встановлено, що гербіциди негативно діють на сходи соняшнику знижуючи польову схожості насіння на 18...20 %. Це викликає необхідність збільшення норми висіву дорогого насіння як мінімум на цю ж величину. Враховуючи те, що норма висіву на гектар 14...15 кг, збільшення її приблизно на 3 кг/га у зв'язку з пригнічувальною дією гербіцидів і ринкову ціну посівного матеріалу в 12...15 тис. грн/т, витрати на виробництво насіння тільки за рахунок посівного матеріалу зростуть на 36...45 грн/га. Отже, при виключенні застосування гербіцидів в технології вирощування соняшнику відпадає необхідність і в збільшенні норми висіву насіння. Ефективна боротьба з бур'янами без застосування хімічних заходів можлива за рахунок реалізації наступних агротехнічних прийомів:

- вибір попередника (рекомендується озима пшениця або ячмінь, тобто культури суцільної сівби);

- два луцення стерні. Обробка ґрунту після збирання попередника дисковими луцильниками знищує бур'яни, що зійшли, і провокує проростання їх насіння;

- глибока оранка на зяб забезпечує подальше зниження забур'яненості і активне накопичення вологи;

- ранньовесняне боронування зябу, що сприяє знищенню бур'янів в ниткоподібній фазі їх розвитку;
- передпосівна культивация очищає ґрунт від пророслих бур'янів;
- сівба соняшнику з нарізкою направляючих щілин, які дозволяють працювати культиватору при проведенні міжрядних обробок з малою захисною зоною рядків культурних рослин;
- боронування посівів до сходів знищує проростки бур'янів в ниткоподібній фазі їх розвитку;
- культивация посівів до появи сходів, яка виконується просапним культиватором по направляючих щілинах, при цьому для руйнування грудок в міжряддях і знищення сходів бур'янів використовується запропонована в дипломному проекті конструкція ротаційної пружної борони;
- міжрядний обробіток в фазі розвитку соняшнику коли рослини мають 10...12 листків з використанням корпусних підгортальників, конструкція яких також приведена в проекті.

При проведенні досходового міжрядного обробітку та при міжрядному обробітку в фазі розвитку соняшнику 3...4 і 7...8 листків (рис. 3.2) стабілізація культиватора забезпечується за рахунок руху ножів - копирів по щілинах, що нарізаються одночасно з посівом. Для цієї мети ножі монтують на рамі сівалки між 2 і 3 та 6 і 7 посівним секціями восьмирядної сівалки. При такому розташуванні на рамі сівалки ножів вони не рухатимуться по сліду коліс трактора.

Секції культиватора комплектуються стандартно – стрілчаста лапа шириною захвату 270 мм і дві плоскоріжучі (права і ліва) односторонні бритви. Величина захисної зони (від рядку рослин до полільної бритви 50 мм) (рис. 2.2).

Ефект суцільної обробки в даній комплектації просапного культиватора досягається за рахунок постановки в хвостовики секцій просапних пружинних борінок, які запропоновані в проекті.

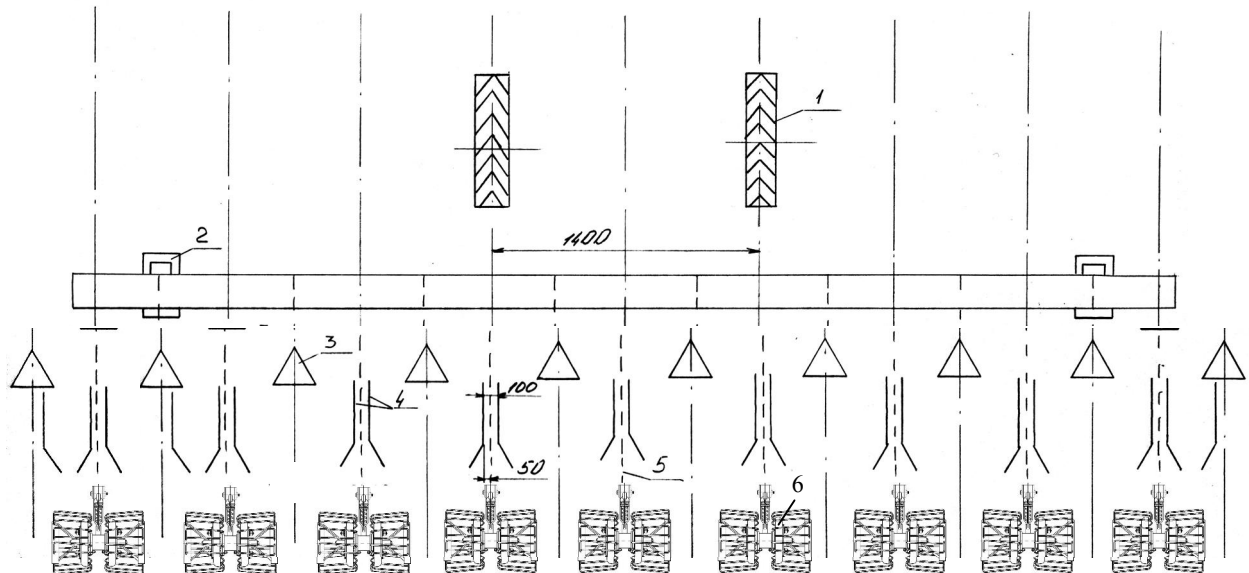


Рисунок 2.2 - Схема розстановки робочих органів культиватора ALTAIR-5,6 для міжрядного обробітку до (або після) появи сходів соняшнику: 1 – рушії трактора; 2 – опорні колеса; 3 – універсальна стрілочаста лапа; 4 – лапа-бритва; 5 – рядок посіяного насіння; 6 – ротаційна пружинна борінка

Перший міжрядний обробіток сходів соняшнику проводиться при умові руху культиватора по направляючих щілинах. Ножі-копіри стабілізують стійкість ходу культиватора в горизонтальній площині. Обробка сходів проводиться на глибину 6...8 см. Кожна секція культиватора комплектується універсальною стрілочастою лапою захватом 270 мм і двома плоскоріжучими лівими і правими односторонніми бритвами захватом по 165 мм. При проведенні цього обробітку розроблена пружна борона рухається в міжряддях.

Аналогічну комплектацію робочими органами має культиватор при другому міжрядному обробітку.

Третя міжрядна обробка соняшнику проводиться просапним культиватором ALTAIR-5,6, дообладнаним корпусними робочими органами для високого (до 15...18 см) підгортання.

На кожну секцію просапного культиватора монтують корпусний підгортальник, виготовлений на основі універсальної лапи захватом 270 мм і кутом при вершині сходження лез 60° .

Порядок виготовлення підгортальників зводиться до наступного. У простір між стійкою лапи і внутрішньою частиною крила лапи закріплюють зваркою підгортальні полички від підгортальників, що входять в комплект культиватора. Зварку проводять з нижньої сторони.

Щоб утримати крила поличь в необхідному положенні на краї їх закріплюють зваркою розпірку з труби $\varnothing 10...12$ мм.

Потік ґрунту, що сходить з поверхонь поличь корпусних підгортальників має достатньо високу кінетичну енергію, яка за певних умов може нахилити культурні рослини. Щоб уникнути цього негативного явища при обробітку посівів корпусні підгортальники необхідно встановлювати з таким розрахунком, щоб вали ґрунту, відкинуті лівими і правими поличцями суміжних підгортальників зустрічалися по центру рядка, тобто без нахилу рослин.

Режими роботи агрегату наступні. При висоті бур'янів в захисній зоні культурних рослин 40...60 мм глибина ходу підгортальників до 80 мм і робоча швидкість в межах 9...11 км/год.

На кафедрі МВЗ ТДАТУ здійснюється наукова робота з розробки додаткового технологічного обладнання до просапних культиваторів. Зокрема, завершена робота з розробки секцій борін до культиваторних робочих органів (рис. 2.3).

Тому продовження робіт в цьому напрямку є актуальним.



Рисунок 2.3 – Розробка додаткової боронувальної секції до просапного культиватора (патентовласник кафедра МВЗ ТДАТУ)

Нами в роботі запропонована нова пружинна ротаційна борінка (див. рис. 2.4), яка містить підвіску 1, обід 2, механізм приєднання 3, пружину 4, грудко подрібнювач 5, вісь 6, фланець 7, корпус 8, кришка 9, диск 10, метизи 14-21. Технічно вказана ротаційна борінка представляє собою набір ґрундоподрібнювачів, закріплених по колу з певним кроком з лівої та правої сторони. Міжрядний обробіток соняшнику запропонованим робочим органом проводиться на глибину 6...8 см, при цьому борінка рухається в міжряддях.

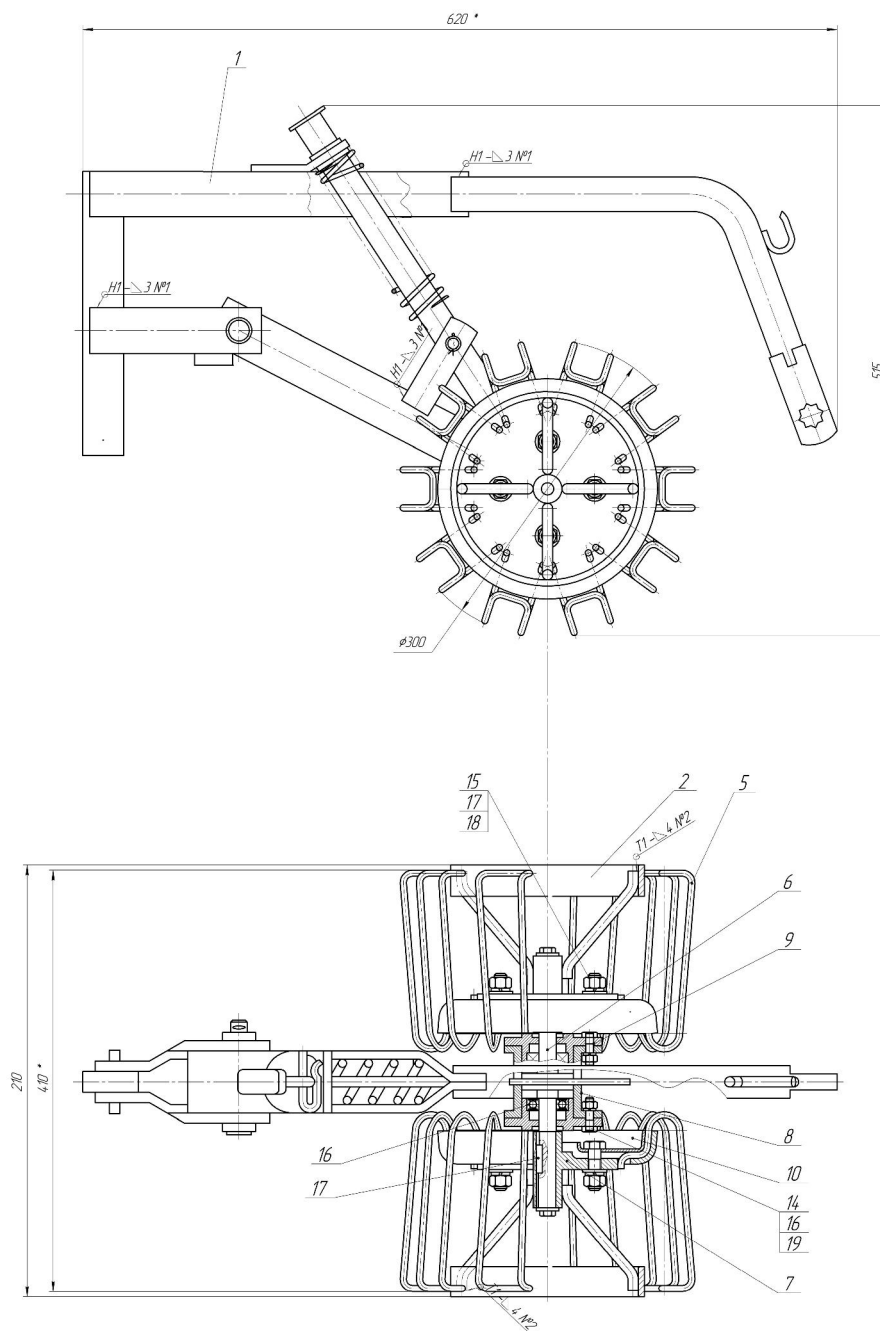


Рисунок 2.4 – Схема пружинної ротаційної борінки для просапного культиватора ALTAIR-5,6

Схема культиваторного агрегату в складі пружинної ротаційної борони представлено на рис. 2.5.

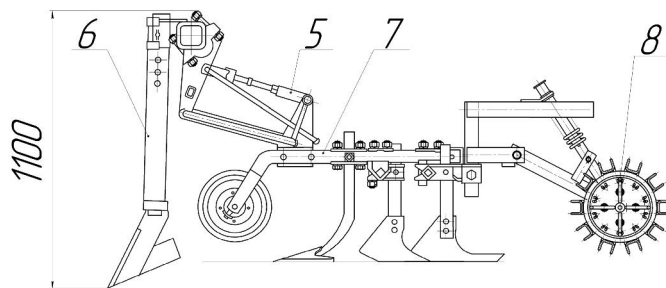
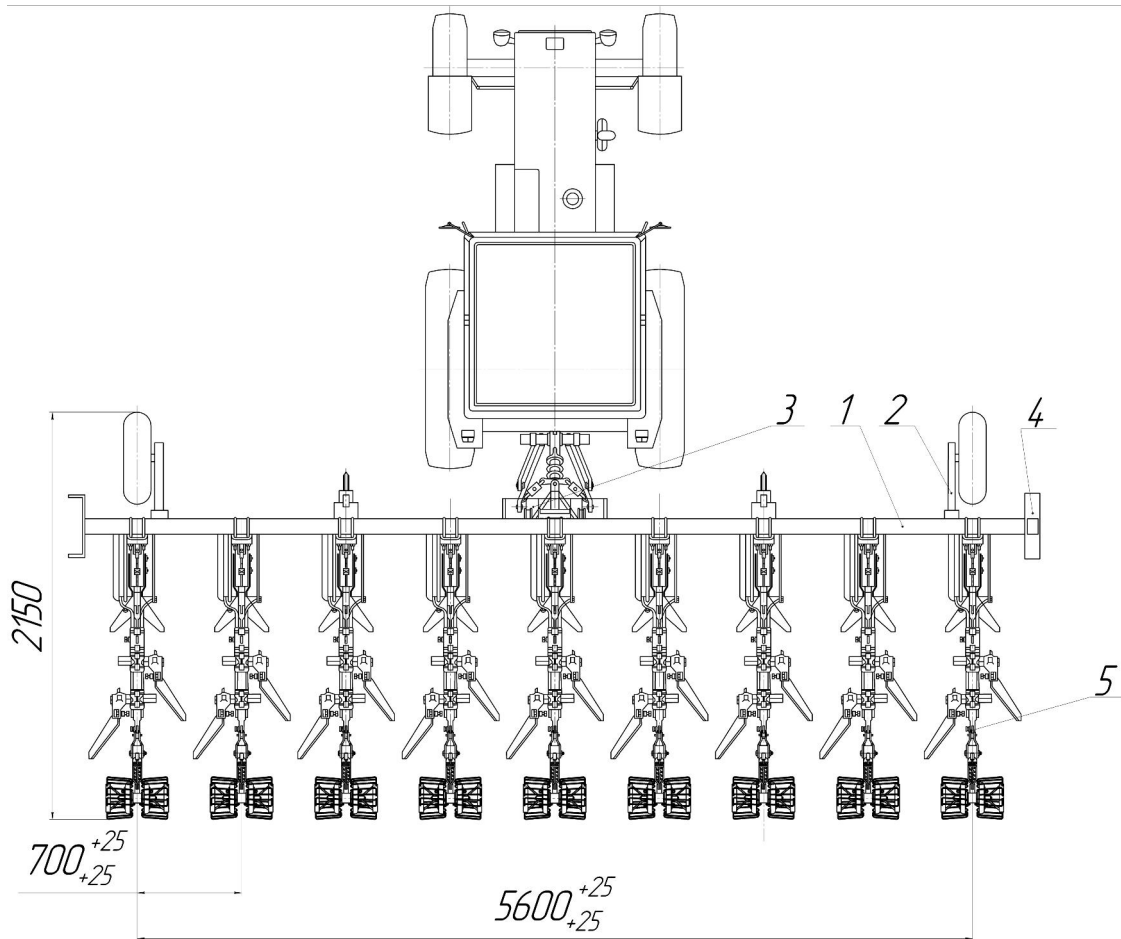


Рисунок 2.5 – Культиваторний агрегат для міжрядного обробітку посівів просапних культур

Культиваторний агрегат для міжрядного обробітку посівів просапних культур (див. рис. 2.5), побудований на основі культиватора ALTAIR-5,6 містить раму 1, колесо опорне 2, замок авто зчипки 3, пристрій транспортний 4, механізм причіпний 5, напрямник 6, секція просапна 7, борона ротаційна пружинна 8.

2.3 Обґрунтування схеми розміщення робочих органів на просапному культиваторі та їх параметри

2.3.1 Розміщення робочих органів на культиваторі.

Запропонована ротаційна борінка може використовуватися на секції просапного культиватора індивідуально, а також з іншими робочими органами (рис. 2.6). Її розміщення на культиваторі повинно бути в межах захисної зони. Остання, як відомо, змінюється в різні фази росту просапної культури. Тому нами обрано самий граничний варіант мінімальної ширини борінки за максимальних розмірів захисної зони (див рис. 2.6).

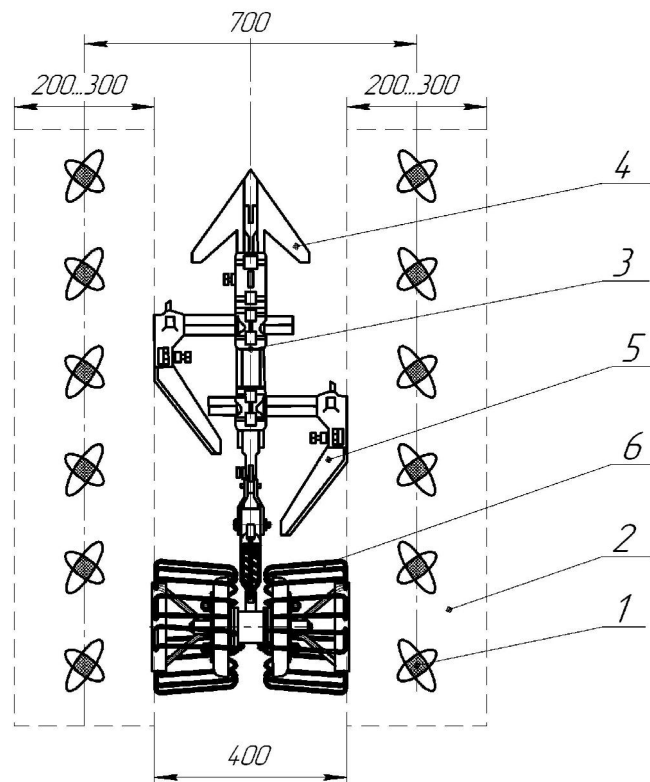


Рисунок 2.6 – Схема розміщення ротаційної борінки на секції просапного культиватора в міжрядді просапної культури: 1 – просапна культурна рослина; 2 – захисна зона; 3 – секція просапного культиватора; 4 – культиваторний робочий орган; 5 – лапи-бритви; 6 – ротаційна борінка

Для виконання зазначених умов лапи культиваторів розташовують у два бо три ряди. Відстань між сусідніми лапами приймають з таким розрахунком.

Щоб було забезпечено деяке перекриття зон деформування під дією цих лап. Отже, величину відстані між сусідніми лапами та їх рядами вибирають з умов поширення зон деформування ґрунту при дії на нього лап культиватора (рис. 2.7).

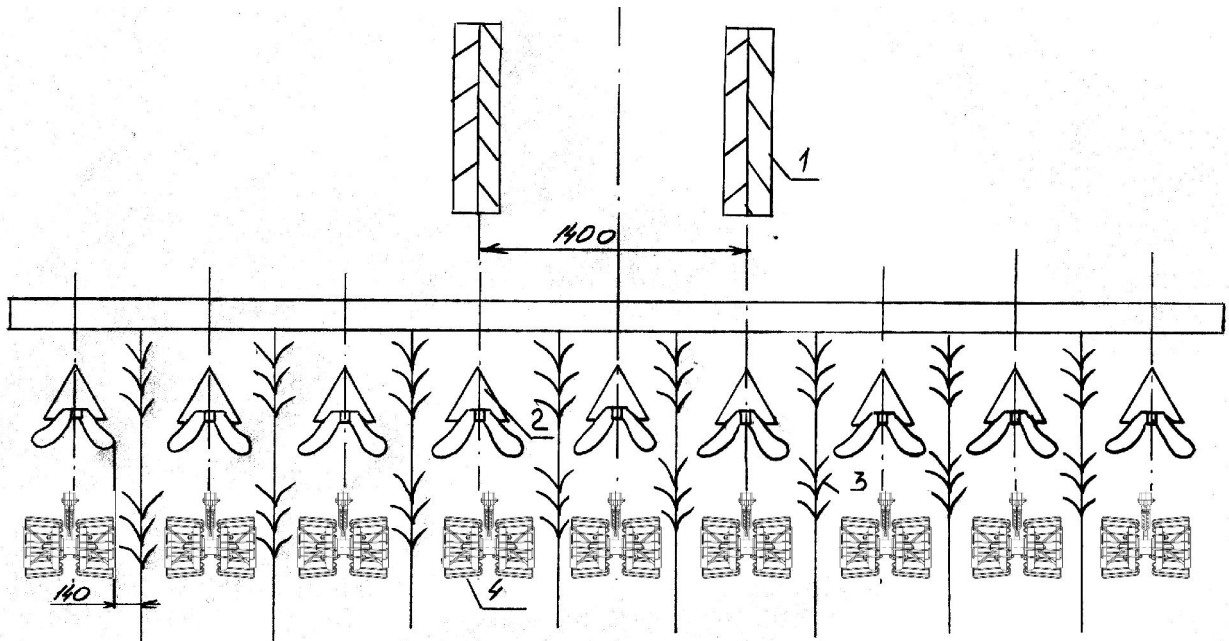


Рисунок 2.7 – Схема розстановки робочих органів культиватора для обробки посівів соняшнику з високим підгортанням: 1 – рушії трактора; 2 – підгортальник; 3 – рослини; 4 – борінка

2.4 Розроблення техніко-технологічної системи на міжрядний обробіток посівів соняшника

2.4.1 Вихідні дані до розрахунків та агротехнічні вимоги.

Склад агрегату МТЗ-82.1 + ALTAIR-5,6. Рельєф поля $i = 2\%$. Довжина поля 860 м. Клас ґрунтів – 5.

Мета обробки – знищити бур'яни і створити сприятливі умови для росту і розвитку соняшнику, розпушити поверхневий шар ґрунту в міжряддях.

Таблиця 2.1 - Агротехнічні вимоги до виконання операції

Показник	Вимоги	Допуск
Тривалість роботи на одному полі, днів	2	+2
Глибина обробітку ґрунту, мм:	50	±10
Ширина захисної зони рядка, мм	140	±10
Кількість знищених бур'янів в обробленій смузі міжряддя, %	100	4
Кількість знищених культурних рослин, %	1,5	
Швидкість руху агрегату, км/год	7	+ 1
Спосіб руху агрегату	Човниковий	

2.4.2 Підготовка агрегату до роботи.

На спеціальному регулювальному майданчику перевіряють технічний стан і регулюють агрегат. Показники повинні відповідати вимогам представленим в табл. 2.2 і 2.3.

Таблиця 2.2 - Параметри технічного стану трактора

Контрольований параметр	Значення параметра
Ширина колії і шин (задніх коліс)	1400 мм
Місцезнаходження вантажів	На передніх колесах
Довжина розкосів і центральної тяги навісної системи	515 і 650 мм
З'єднання розкосів з подовжньою тягою навісної системи	Через прорізи в нижніх вилках
Справність гідравлічної навісної системи	Навісна гідросистема повинна піднімати на необхідну висоту культиватор і утримувати його в піднятому положенні час, достатній для поворотів агрегату в загінці
Тиск в шинах коліс	Для передніх коліс - 1,7, для задніх - 1,2 атм.

Таблиця 2.3 - Регулювання культиватора і робочих органів

Вид регулювання	Регулювання
<p>Установка рами культиватора в площині: - горизонтальній</p>	<p>Укороченням обмежувальних стяжок блокують механізм навішування трактора від поперечних переміщень. Різниця відстаней від центру осі колеса (підтримуючого ролика гусениці) зліва і справа до основного бруса рами культиватора не повинна перевищувати 20 мм</p>
<p>- вертикальній</p>	<p>Правий і лівий розкоси встановлюють однакової довжини - 515 мм. Розкоси з подовжньою тягою сполучають через прорізу в нижніх вилках</p>
<p>- повздовжній</p>	<p>Встановлюють брус в горизонтальне положення, змінюючи довжину центральної тяги навішування трактора</p>
<p>Вирівняти натягнення стабілізуючих пружин паралелограмних навісок робочих секцій</p>	<p>Прокрутивши гвинт, добиваються, щоб відстань від торця до шайби гвинта дорівнювала 90—100 мм</p>
<p>Установка гряділів в горизонтальне положення</p>	<p>Укорочують або подовжують верхню ланку паралелограмних підвісок секцій за допомогою двосторонньої гайки</p>
<p>Розстановка робочих органів на гряділі</p>	<p>Використовуючи розмічальну дошку встановлюють на подовженому валу два захисні диски під кутом 7-8° до напрямку руху агрегату опуклою стороною до рядів. Позаду захисних дисків встановлюють в двох бокових утримувачах ліво- і правосторонню плоскоріжучі лапи так, щоб площини їх щік співпадали з лініями захисних зон.</p>
<p>Установка глибини</p>	<p>Під опорні колеса культиватора і робочих секцій</p>

Вид регулювання	Регулювання
ходу робочих органів	прокладають дерев'яні бруски товщиною, рівній необхідній глибині обробки (45-55 мм) і зменшеної на величину занурення коліс в ґрунт. Фіксують стійки робочих органів в утримувачах так, щоб леза лап і захисних дисків своєю площиною спиралися на поверхню майданчика.

2.4.3 Робота агрегатів в загінці та тяговий розрахунок агрегату

Виводять агрегат на позначені міжряддя. Вибирають швидкісний режим руху агрегату. Проїжджають 20-30 м і остаточно регулюють глибину обробки ґрунту, ширину захисних зон, кут входу робочих органів в ґрунт. Обробку міжрядь і зон рядів ведуть тільки по проході сівалки, не допускаючи, щоб стикове міжряддя потрапило між робочими секціями культиватора.

У разі нестійкого ходу і поганого заглиблення в ґрунт робочих органів натягують пружини підвісок робочих секцій. Повороти агрегату проводять при виглиблених робочих органах. Своєчасно очищають їх від прилиплоного ґрунту, рослинних залишків, каміння і т.д.

Згідно даних [9] робоча швидкість культиватора повинна бути в межах 5-8 км/год. Дотримання цієї вимоги можна досягти, якщо трактор МТЗ-82.1 буде рухатись на другій, третій або четвертій передачі. Теоретична швидкість руху трактора на зазначених передачах відповідно становить: $V_2 = 4,26, V_3 = 7,24$ і $V_4 = 8,9$ км/год. Передаточні числа трансмісії на цих передачах рівні $i_{mp2} = 142; i_{mp3} = 83,5; i_{mp4} = 68$.

Визначимо дотичну сили тяги на вибраних передачах [12]:

$$P_d = \frac{9,554 N e i_{mp} \eta_{mp}}{r_k n_n}, \quad (2.17)$$

де P_d – дотична сила тяги трактора, кН;

$N e$ – ефективна потужність двигуна, кВт;

i_{mp} – передаточне число трансмісії;

$\eta_{\text{тр}}$ – коефіцієнт корисної дії трансмісії;

r_k – дійсний радіус кочення, м;

n_n – номінальна частота обертання колінчастого валу, об/хв.

Номінальна потужність двигуна трактора МТЗ-82.1 $N_e = 58,9$ кВт.
Коефіцієнт корисної дії трансмісії колісних тракторів становить $\eta_{\text{тр}} = 0,91$.
Номінальна частота обертання колінчастого валу двигуна $n_n = 2200$ об/хв.

Дійсний радіус перекочування трактора можна визначити за формулою [12]:

$$r_k = (r_0 + h) \lambda, \quad (2.18)$$

де r_0 – радіус сталевго ободу колеса, м;

h – висота шини;

λ - коефіцієнт усадки шини.

У трактора МТЗ-82.1 $r_0 = 0,483$ м; $h = 0,305$. Коефіцієнт усадки шини залежить від фону і на полі підготовленому до сівби $\lambda = 0,8$.

Тоді, $r_k = (0,483 + 0,305) \cdot 0,8 = 0,63$ м.

Отже, для вибраних передач, дотичні сили будуть становити:

$$P_{g2} = \frac{9,554 \cdot 58,9 \cdot 142 \cdot 0,91}{0,63 \cdot 2200} = 52,46 \text{ кН},$$

$$P_{g3} = \frac{9,554 \cdot 58,9 \cdot 83,5 \cdot 0,91}{0,63 \cdot 2200} = 30,85 \text{ кН},$$

$$P_{g4} = \frac{9,554 \cdot 58,9 \cdot 68 \cdot 0,91}{0,63 \cdot 2200} = 25,13 \text{ кН}.$$

Дотична сила тяги трактора може бути прийнятою за рушійну силу в тому випадку, коли сила зчеплення його рушіїв з ґрунтом $F_{\text{зч}}$ є більшою або рівною дотичній силі. В протилежному випадку за рушійну силу трактора приймають силу $F_{\text{зч}}$, яку можна визначити за формулою [12]:

$$F_{\text{зч}} = \mu G \phi, \quad (2.19)$$

де μ - коефіцієнт зчеплення рушіїв з ґрунтом;

G – вага трактора, кН;

ϕ - коефіцієнт, що враховує зчіпну вагу трактора.

Коефіцієнт зчеплення рушіїв трактора з ґрунтом на полі перед культивацією, з врахуванням класу ґрунту $\mu = 0,51$.

Вага трактора МТЗ-82.1 без баласту $G = 33,5$ кН, а коефіцієнт $\varphi = 1$.

Тоді, $F_{зч} = 0,51 \cdot 33,5 \cdot 1 = 17,1$ кН.

Оскільки сила зчеплення $F_{зч}$ є меншою за дотичну силу вибраних передач, то рушійна сила трактора дорівнює силі зчеплення рушіїв з ґрунтом, тобто на будь-якій із вибраних передач $P_p = F_{зч}$ (тут – P_p – рушійна сила трактора).

Визначимо зусилля тяги трактора:

$$P_{гак} = P_p - P_f - P_i, \quad (2.20)$$

де $P_{гак}$ - сила тяги трактора на гаку, кН;

P_f – сила опору перекочування, кН;

P_i – сила опору підйому, кН.

$$P_f = fG, \quad (2.21)$$

де f - коефіцієнт опору перекочування трактора ($f = 0,12$).

Тоді, $P_f = 33,5 \cdot 0,12 = 4,0$ кН.

$$P_i = G \frac{i}{100}, \quad (2.22)$$

де i – ухил поля, %.

$$P_i = 33,5 \cdot \frac{2}{100} = 0,7 \text{ кН.}$$

Отже, на будь-якій із вибраних передач

$$P_{гак} = 17,1 - 4 - 0,7 = 12,4 \text{ кН.}$$

Визначимо коефіцієнт буксування рушіїв трактора. Для практичних розрахунків коефіцієнт буксування визначають як функцію від показника [12]:

$$P = \frac{P_{гак} \eta_v}{F_{зч}}, \quad (2.23)$$

де η_v – коефіцієнт використання тягового зусилля трактора. $\eta_v = 0,75-0,85$.

Прийmemo $\eta_v = 0,80$, тоді

$$P = \frac{12,4 \cdot 0,8}{17,1} = 0,58$$

Згідно даних [12] при $P = 0,58$ коефіцієнт буксування рушіїв трактора $\delta = 11,3 \%$.

Визначимо робочі швидкості трактора на вибраних передачах:

$$V_{pi} = V_T \left(1 - \frac{\delta}{100}\right), \quad (2.24)$$

де V_{pi} – робоча швидкість трактора на i -тій передачі, км/год,

V_T – теоретична швидкість руху трактора на i -тій передачі.

Отже, робочі швидкості трактора на вибраних передачах становлять:

$$V_{p2} = 4,26 \left(1 - \frac{11,3}{100}\right) = 3,8 \text{ км/год.},$$

$$V_{p3} = 7,24 \left(1 - \frac{11,3}{100}\right) = 6,4 \text{ км/год.},$$

$$V_{p4} = 8,9 \left(1 - \frac{11,3}{100}\right) = 7,9 \text{ км/год.}$$

Визначимо питомий тяговий опір культиватора на вибраних передачах за формулою [12]:

$$K = K_o \left[1 + (V_p - V_o) \cdot \frac{\Delta}{100}\right], \quad (2.25)$$

де K_o – питомий опір культиватора при швидкості руху 5 км/год ($K_o = 1,2$ кН/м);

V_p – робоча швидкість руху агрегату, км/год.;

V_o – швидкість руху культиватора, при якій визначають K_o ($V_o = 5$ км/год);

Δ – темп приросту робочого опору ($\Delta = 3 \%$).

Оскільки робоча швидкість руху агрегату на другій передачі є меншою за 5 км/год., то прийmemo, що питомий опір культиватора на цій передачі $K_2 = K_o = 1,2$ кН/м.

Питомий опір культиватора на третій і четвертій передачах є відповідно рівним:

$$K_3 = 1,2 \cdot \left(1 + (6,4 - 5) \cdot \frac{3}{100}\right) = 1,25 \text{ кН/м,}$$

$$K_4 = 1,2 \cdot \left(1 + (7,9 - 5) \cdot \frac{3}{100}\right) = 1,30 \text{ кН/м.}$$

Оскільки трактор МТЗ-82.1 може агрегатувати лише один культиватор КОЗР-5,6, то розрахунки по визначенню максимальної ширини захвату агрегату і кількості машин в агрегаті проводити недоцільно.

Тяговий опір культиватора визначимо за формулою:

$$R_m = K_i B + G_m \frac{i}{100}, \quad (2.26)$$

де K_i – питомий опір агрегату на i -тій передачі;

B – ширина захвату агрегату, м ($B = 5,6$ м);

G_m – вага культиватора, кН ($G_m = 9,6$ кН).

Тоді, тяговий опір на переміщення агрегату на вибраних передачах становить:

$$R_{m2} = 1,2 \cdot 5,6 + 9,6 \cdot \frac{2}{100} = 6,9 \text{ кН},$$

$$R_{m3} = 1,25 \cdot 5,6 + 9,6 \cdot \frac{2}{100} = 7,2 \text{ кН},$$

$$R_{m4} = 1,30 \cdot 5,6 + 9,6 \cdot \frac{2}{100} = 7,5 \text{ кН}.$$

Визначимо коефіцієнт використання тягового зусилля трактора на передачах:

$$\eta = \frac{R_a}{P_{зак}}, \quad (2.27)$$

$$\eta_2 = \frac{11,6}{12,4} = 0,93,$$

$$\eta_3 = \frac{10,0}{12,4} = 0,81,$$

$$\eta_4 = \frac{9,7}{12,4} = 0,78.$$

Таким чином, трактор може працювати на всіх вибраних передачах оскільки визначені коефіцієнти використання тягового зусилля менші допустимого коефіцієнта використання тягового зусилля при міжрядному обробітку $[\eta] 0,90 \dots 0,94$ [15]. Однак для досягнення більшої продуктивності доцільно агрегатувати культиватор на третій передачі.

2.4.4 Кінематичні показники агрегату.

Кінематика культиваторного МТА – це його рух обумовлений робочими і холостими ходами, поворотами, заїздами, переїздами агрегату (рис. 2.17).

Кінематичні характеристики робочої ділянки поля – частина або все поле, відведене для виконання відповідної с.-г. роботи одному або кількома МТА, називається робочою ділянкою поля. Частина такої ділянки, виділена для виконання технологічної операції у відповідності із прийнятим способом руху, називається загінкою, довжиною L . Частина загону, яка тимчасово виділяється для повороту МТА, називається поворотною смугою. Ширину її прийнято позначати буквою E .

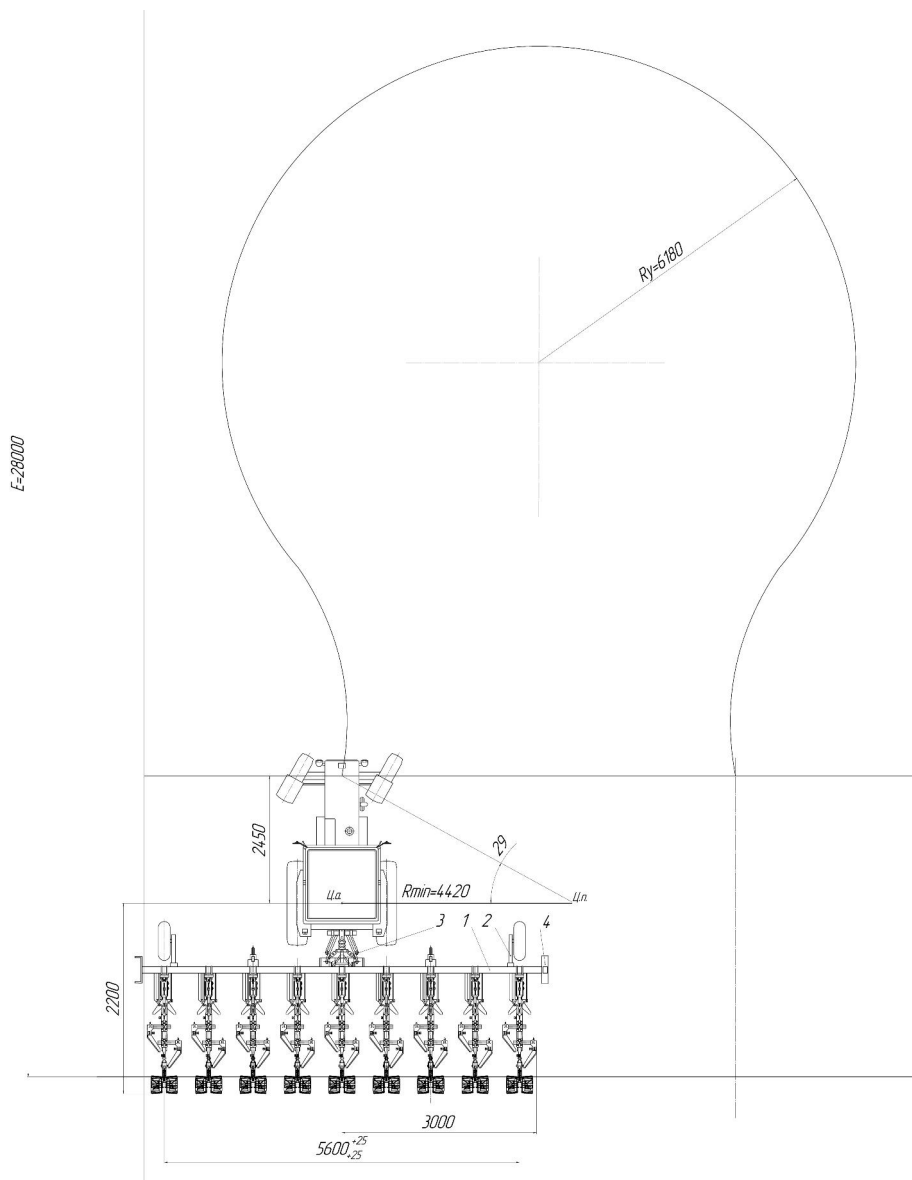


Рис. 2.17 – Кінематика повороту культиваторного МТА

Лінія, яка відділяє поворотну смугу від іншої частини загону, на якій здійснюються робочі рухи машинно-тракторного агрегату, називають контрольною лінією.

Кінематичні характеристики трактора і агрегату. Точка агрегату, траєкторія якої при розрахунках використовується для визначення кінематики всіх інших точок, називається кінематичним центром МТА, або просто центром агрегату (Ц.а.). У колісних тракторів класичної компоновки – це проекція на площину руху середини задньої ведучої осі.

Поворотність колісних тракторів прийнято оцінювати коефіцієнтом (K_n), який розраховують за формулою [11]:

$$K_n = \frac{LV_n}{\omega}, \quad (2.28)$$

де L – поздовжня база трактора;

V_n – швидкість руху МТА під час виконання повороту, [м/с];

ω – інтенсивність перемінного керуючого впливу на органи керування трактора, [рад./с]. Оптимальна значина цього параметру знаходиться в межах $\omega = 0,20 \dots 0,22$ рад./с [11].

Для обраного трактора МТЗ-82.1 прийемо такі його параметри, які визначають поворотність за (2.1): $L=2,45$ м; $V_n=2,2$ м/с; $\omega=0,22$ рад./с. Тоді коефіцієнт поворотності дорівнюватиме:

$$K_n = \frac{2,45 \cdot 2,2}{0,22} = 24,5 \text{ м}^2 / \text{рад}.$$

Кінематична довжина агрегату (l_k) – це проекція на площину руху відстані між Ц.а. і лінією розміщення найбільш віддаленого робочого органу знаряддя/машини.

Кінематична ширина агрегату (d_k) - це проекція на площину руху відстані між поздовжньою віссю агрегату і найбільш віддаленою його точкою у поперечному напрямку.

Мінімальний радіус повороту (R_{\min}) – найкоротша відстань між центром агрегату (Ц.а.) та центром повороту (Ц.п.), тобто точкою, відносно якої

здійснюється поворот МТА (див. рис. 2.6). Даний параметр для тракторів класичної компонувальної схеми із передніми керованими колесами можна знайти із виразу:

$$R_{min} = \frac{L}{TAN(\alpha)}, \quad (2.29)$$

де α – максимальний кут повороту керованих коліс трактору, для трактора МТЗ-82.1 кут $\alpha=29$ град (див. рис. 2.6).

$$R_{min} = \frac{2,45}{TAN(29)} = 4,42 \text{ м.}$$

Умовний радіус повороту (R_y) – це радіус півкола, довжина якого дорівнює фактичній довжині безпетлевого дугоподібного (без прямолінійної ділянки) повороту агрегату на кут 180° . Даний параметр розраховують за формулою:

$$R_y = R_{min} + \frac{K_n}{\pi R_{min}}. \quad (2.30)$$

$$R_y = 4,42 + \frac{24,5}{3,14 \cdot 4,42} = 6,18 \text{ м.}$$

Довжина виїзду агрегату (e) – відстань, на яку слід перемістити від контрольної лінії центр агрегату з тим, щоб запобігти огріхам, пошкодженню рослин тощо:

$$e = L + l_k. \quad (2.31)$$

$$e = 2,45 + 2,2 = 4,65 \text{ м.}$$

Мінімальний розмір ширини поворотної смуги (E_{min}) визначається за умови, згідно з якою крайня точка МТА, що визначається його кінематичною шириною d_k , не виходила за межі поворотної смуги.

При безпетлевих поворотах

$$E_{min} = R_y + d_k + e. \quad (2.32)$$

При петлевих поворотах

$$E_{min} = 2,7 \cdot R_y + d_k + e. \quad (2.33)$$

Для того, щоб після обробітку основної ділянки поля обробити цілим числом проходів агрегату і поворотні смуги, дійсний їх розмір (E) повинен бути кратним ширині захвату агрегату (B_p). Тобто

$$E_{\min} < E = k \cdot B_p, \quad (2.34)$$

де k – найменше із можливих ціле число.

Оскільки для розглядуваного боронувального агрегату $R_y = 6,18 \text{ м} > 3,0 \text{ м}$, то спосіб повороту МТА однозначно буде тільки петльовий.

Тому мінімальний розмір ширини поворотної смуги (E_{\min}) визначають за рівнянням (2.33). Отримане значення E_{\min} узгоджують з вимогою (2.34).

$$E_{\min} = 2,7 \cdot 6,18 + 3,0 + 4,65 = 24,34 \text{ м.}$$

Приймаємо $E = 28,0 \text{ м}$.

Результати розрахунку кінематичних параметрів культиваторного агрегату представимо в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Параметри і кінематичні характеристики боронувального МТА в складі трактора МТЗ-82.1 і боронувального знаряддя

Параметр	Позначення	Величина
Поздовжня база трактора, м	L	2,45
Кінематична довжина агрегату, м	l_k	2,20
Кінематична ширина агрегату, м	d_k	3,00
Конструктивна ширина захвату МТА, м	B_k	5,60
Максимальний кут повороту керованих коліс трактору, град.	α_{\max}	29,00
Мінімальний радіус повороту МТА, м	R_{\min}	4,42
Коефіцієнт поворотності агрегату, м ²	K_p	24,50
Умовний радіус повороту МТА, м	R_y	6,18
Вид повороту	-	Петльовий
Довжина виїзду агрегату, м	e	4,65
Мінімальна ширина поворотної смуги МТА, м	E_{\min}	24,34
Дійсна ширина поворотної смуги МТА, м	E	28,00

2.4.5 Розрахунок продуктивності агрегату.

Змінну норму виробітку агрегату можна визначити за формулою [12]:

$$H = 0,1 B_p V_p T_p, \quad (2.35)$$

де B_p – робоча ширина захвату, м (для міжрядних агрегатів B_p дорівнює конструктивній ширині захвату $B_p = B_k = 5,6$ м);

V_p – робоча швидкість руху ($V_p = 7,9$ км/год);

T_p – чистий робочий час зміни, год.

Чистий робочий час агрегату протягом зміни становить [12]:

$$T_p = \frac{T_{зм} - (T_{пз} + T_{обс} + T_{пов})}{1 + \tau_{пов} + \tau_{то}}, \quad (2.36)$$

де $T_{зм}$ – тривалість зміни, год ($T_{зм} = 7$ год);

$T_{пз}$ – підготовчо-заклучний час, год;

$T_{обс}$ – час організаційно-технічного обслуговування агрегату (очищення робочих органів, перевірка якості роботи, регулювання і т.д.);

$T_{воп}$ – витрати часу на відпочинок та особисті потреби, год;

$\tau_{пов}$ – коефіцієнт поворотів;

$\tau_{то}$ – коефіцієнт технологічного обслуговування агрегату.

Підготовчо-заклучний час складає $T_{пз} = 39 - 65$ хв. Прийmemo $T_{пз} = 50$ хв = 0,83 год. Час організаційно-технічного обслуговування $T_{обс} = 9-21$ хв. Приймаємо $T_{обс} = 20$ хв = 0,33 год.

Коефіцієнт поворотів можна визначити за формулою [18]:

$$\tau_{пов} = \frac{1 - \varphi}{\varphi} = \frac{1 - 0,925}{0,925} = 0,08.$$

Коефіцієнт технологічного обслуговування складається із коефіцієнта технологічного обслуговування заправки культиватора добривами τ .

Коефіцієнти τ розраховується за формулою [18]:

$$\tau = t_{зав} \frac{W U_B}{60V \psi \rho}, \quad (2.37)$$

де $t_{зав}$ – відповідно, тривалість часу одного завантажування добривами ($t_{зав} = 6$ хв); $W = 0,1 B_p V_p$ – продуктивність агрегату за годину чистої роботи

$$W = 0,1 \cdot 5,6 \cdot 7,9 = 4,42 \text{ га/год.}$$

U_b – відповідно норма внесення мінеральних добрив ($U_b = 50 \text{ кг/га}$);

V – місткість тукових ящиків культиватора ($V = 8 \cdot 0,032 = 0,256 \text{ м}^3$);

ψ - коефіцієнт використання технологічних місткості, $\psi = 0,85$;

ρ – щільність добрива ($\rho = 980 \text{ кг/м}^3$).

$$\text{Тоді, } \tau = 6 \frac{4,42 \cdot 50}{60 \cdot 0,256 \cdot 0,85 \cdot 980} = 0,10.$$

Таким чином, чистий час роботи агрегату за зміну становить

$$T_p = \frac{7 - (0,83 + 0,33 + 0,5)}{1 + 0,08 + 0,10} = 4,8 \text{ год,}$$

а норма виробітку агрегату дорівнює

$$H = 0,1 \cdot 5,6 \cdot 7,9 \cdot 4,8 = 22,6 \text{ га.}$$

Продуктивність агрегату за годину змінного часу становить

$$W = \frac{H}{T_{зм}} = \frac{22,6}{7} = 3,2 \text{ га/год,}$$

при коефіцієнті використання часу зміни

$$\tau = \frac{T_p}{T_{зм}} = \frac{4,8}{7} = 0,68.$$

Норму витрат палива можна визначити за формулою [18]:

$$Q = \frac{T_p G_p + T_{пов} G_n + T_{пер} G_{пер} + T_{зуп} G_{зуп}}{H}, \quad (2.38)$$

де $T_{пов}$, $T_{пер}$, $T_{зуп}$ – затрати часу протягом зміни відповідно на повороти ($T_{пов} = \tau_{пов} \cdot T_p = 0,08 \cdot 4,8 = 0,38 \text{ год.}$), переїзди і на зупинках.

Прийmemo, що тривалість переїздів на поле і назад складає $25 \text{ хв} = 0,42 \text{ год}$, а на зупинках трактор працював тільки під час заправки добривами.

$$\text{Тоді, } T_{зуп} = \tau_{то} \cdot T_p = 0,19 \cdot 4,8 = 0,91 \text{ год.}$$

G_p , G_n , $G_{пер}$ і $G_{зуп}$ – норматив витрат палива відповідно на виконання основної роботи, при поворотах, переїздах і на зупинках.

$$G_p = 11,7 \text{ л/год; } G_n = 8,2 \text{ л/год; } G_{пер} = 7 \text{ л/год; } G_{зуп} = 2,3 \text{ л/год.}$$

$$\text{Тоді, } Q = \frac{4,8 \cdot 11,7 + 0,38 \cdot 8,2 + 0,42 \cdot 7 + 0,91 \cdot 2,3}{22,6} = 2,84 \approx 2,9 \text{ л/га.}$$

2.4.6 Підготовка агрегату до роботи

Підготовку культиваторного агрегату починають з перевірки його технічного стану, наладки на задані умови роботи (розміщення робочих органів на секції робочих органів і встановлення їх на глибину обробітку).

Під час перевірки технічного стану особливу увагу приділяють комплектності і справності всіх вузлів і деталей. Підтягують кріплення та ланцюги привода туковисівних апаратів. При зусиллі 30 Н на нижні вітки ланцюгів вони повинні відхилитися на 20-30 мм від прямої лінії. Товщина лез заточених лап не повинна перевищувати 1 мм.

Робочі органи культиватора розміщують на рамі відповідно до ширини оброблюваних міжрядь на польовому стані за допомогою розмічувальної плити. Культиватори встановлюють так, щоб середина бруса рами була над серединою плити, а опорні колеса – на серединах міжрядь.

Робочі органи на секції встановлюють у шаховому порядку по довжині гряділя так, щоб вертикальні кромки односторонніх лап (бритв) знаходились на лінії захисних зон. Перекриття суміжних лап має бути менше 30-40 мм. Долотоподібні лапи встановлюють на секціях без перекриття. Ширина захисних зон для обробітку міжрядь кукурудзи і соняшнику рекомендується 10-15 см..

Для встановлення необхідної ширини захисної зони переміщують, тримачі робочих органів разом з стержнями в хомутах гряділів.

Під час регулювання культиваторів на задану глибину обробітку під опорні колеса і під кожне колесо секцій (рис. 2.18) підкладають дерев'яні бруски висотою, що дорівнює глибині обробітку, зменшеної на величину заглиблення коліс у ґрунт (1-2 см). Потім, змінюючи довжину верхньої ланки секції за допомогою гайки 1, встановлюють гряділі в горизонтальне положення. Відкрутивши болти кріплення стояків, робочі органи опускають на майданчик і фіксують. Зазор між задніми кінцями лап і поверхнею майданчика не повинен перевищувати 5 мм. Його регулюють зміною довжини центральної тяги начіпного механізму трактора.

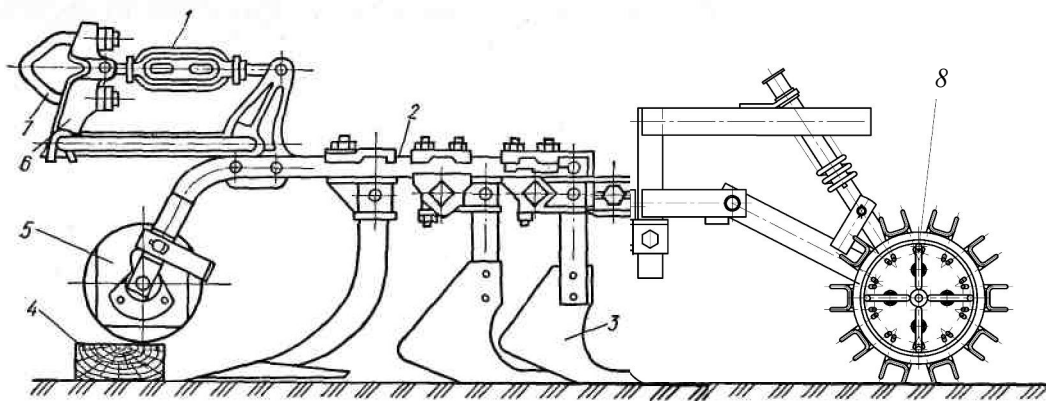


Рисунок 2.18 – Регулювання секції робочих органів культиватора ALTAIR-5,6: 1 - регулювальна гайка; 2 - гряділь; 3 - робочий орган; 4 - брусок; 5 - колесо; 6 - кронштейн; 7 - скоба; 8 - борінка

Можливі несправності культиватора та способи їх усунення представлено в табл. 2.5.

Таблиця 2.5 – Можливі несправності культиватора та способи їх усунення

Несправність	Причина	Спосіб усунення
Робочі органи погано підрізають бур'яни	Затуплені лапи або мале їх перекриття. Збільшене бокове хитання секцій робочих органів	Заточувати полільні лапи через 8-10 год роботи, а долотоподібні - після 20-25 га, або збільшити перекриття лап. Підтягнути затискачі переднього кронштейна секції робочих органів
Засипання рослин у рядках	Робочі органи забиті бур'янами, робота на великих швидкостях	Своєчасно очищати робочі органи та працювати на менших швидкостях

Несправність	Причина	Спосіб усунення
Велика гребенистість поверхні поля	Забивання робочих органів або встановлення їх «на носок» чи «на п'ятку»	Очистити лапи та відрегулювати їх в горизонтальній площині поворотом бруса рами
Глибина обробітку лапами неоднакова, опорні колеса не обертаються	Опорні колеса відрегульовані на неоднакову глибину або окремі лапи встановлені в положення «на п'ятку». Чистики притиснуті до ободів	Відрегулювати положення коліс або вирівняти робочі органи в горизонтальній площині. Відрегулювати положення чистиків
Поламались кронштейни і тримачі секцій	Погане кріплення хомутів та стяжних болтів	Затягнути гайки на хомутах та тримачах секцій

2.4.7 Контроль якості міжрядного обробітку ґрунту

Показники якості міжрядного обробітку посівів просапних культур та методи їх визначення наведені в табл. 2.6.

Таблиця 2.6 – Показники якості міжрядного обробітку посівів просапних культур та методи їх визначення

Показники	Норматив	Метод визначення
Відхилення глибини розпушування від заданої	Не більше ± 1 см	Заміряти у трьох місцях по довжині гону. Вирівняти ґрунт і заглибити лінійку у розпушений шар до дна борозни

Показники	Норматив	Метод визначення
Відхилення ширини захисної зони від заданої	Не більше $\pm 2-3$ см	Заміряти в п'ятьох місцях по довжині гону на всіх рядах по ширині захвату
Гребенистість	Не більше 3 см	Заміряти у трьох місцях по довжині гонів у всіх міжряддях
Ступінь пошкодження рослин	Не більше 1 %	Підрахувати кількість рослин до і після обробітку в трьох місцях по діагоналі поля на ділянках довжиною 5 м у всіх рядах
Ступінь підрізання бур'янів	Всі бур'яни повинні бути знищені	Перевірити не менше ніж у трьох місцях по діагоналі поля в міжряддях, оброблених за один прохід агрегату
Наявність наволоків	Допускаються окремі наволоки тільки в міжряддях без пошкодження культурних рослин	Огляд поля по діагоналі ділянки
Огріхи	Не допускаються	Огляд поля по діагоналі

3 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВЗАЄМОДІЇ ПРУЖИННИХ ЗУБІВ РОТАЦІЙНОЇ БОРІНКИ З ГРУНТОМ

У комплексі технологічних процесів по вирощуванню с.-г. культур, найбільш відповідальними в початковий період є якісне виконання наступних агротехнічних прийомів – передпосівного обробітку ґрунту, внесення мінеральних добрив, посіву насіння з одночасним закладенням висівного матеріалу. Науковими дослідженнями і практикою доведено, що від якісного виконання технологічних процесів по вирощуванню культур багато в чому залежить їх польова схожість.

Аналіз літературних джерел з цього питання показує, що існуючі технічні засоби (ротаційні і пружинні борони) при виконанні технологічних операцій по вирощуванню с.-г. культур не відповідають встановленим агротехнічним вимогам. В результаті цього не витримується рекомендована норма висіву, встановлена глибина посіву, пошаровий розподіл насіння і мінеральних добрив, якісне закладення висівного матеріалу. Отже, поліпшення технологічних і техніко-економічних показників ґрунтообробної та посівної техніки, якісне виконання агротехнічних операцій, а також створення нових робочих ротаційних органів, які забезпечують їх реалізацію, є актуальною проблемою в області обробітку с.-г. культур на півдні України.

Для якісної підготовки поверхневого шару ґрунту теоретично обґрунтуємо напрямки оптимальних траєкторій руху поверхні ґрунтообробної ротаційної борінки. Для цього спочатку складемо еквівалентну схему кінематики ґрунтообробного катка (рис.3.1).

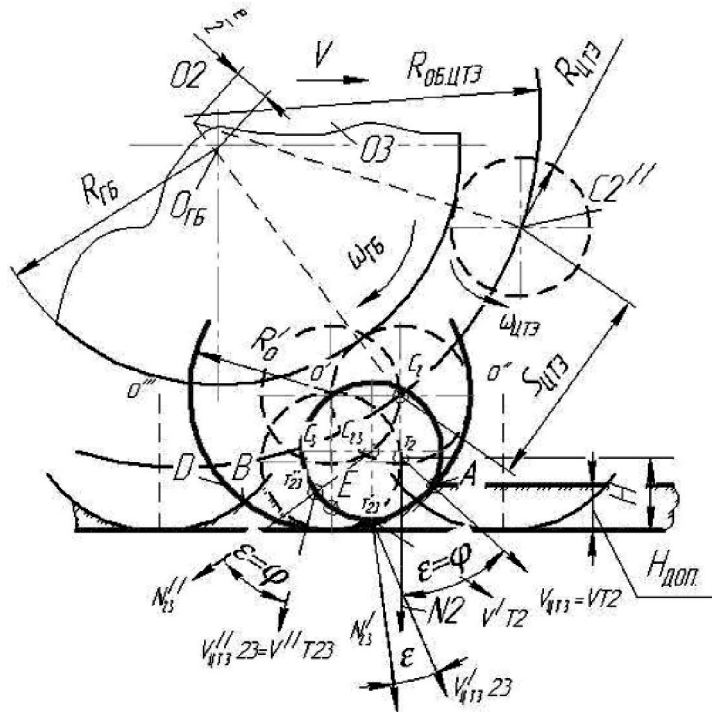


Рисунок 3.1 – Кінематика ґрунтообробної борінки

В результаті рівняння точки поверхні циліндричного елемента ротаційної борінки (рис. 3.1) може бути представлено у вигляді залежностей:

$$\begin{cases} x = r_{цтэ} \cos \varphi + d \cos \varphi \\ y = r_{цтэ} \sin \varphi - d \sin \varphi \end{cases} \quad (3.1)$$

де φ – кут повороту центру (точки С) зовнішнього радіусу щодо центру уявної окружності (точки О);

d – відстань від центру уявної окружності (точка О) до шуканої точки на поверхні ротаційної борінки..

З урахуванням представленої схеми взаємодії елементів катка з поверхневим шаром ґрунтового горизонту, визначення їх кроку розміщення, тобто кількості пружинних зубів борінок проводиться з урахуванням граничного моменту взаємодії одночасно занурених двох сусідніх елементів в ґрунт. Тоді оптимально допустиму кількість пружинних зубів борінок одночасно знаходяться в ґрунті, визначиться за виразом:

$$k = 2\psi / \alpha^i = 2\psi m / 360 \quad (3.2)$$

Швидкість будь-якої з точок циліндричного пружинного елемента борінки буде визначатися як

$$V_\tau = \sqrt{\theta^2 (r_{цтэ}^2 + 2 \cdot r_{цтэ} \cdot d - 4 \cdot r_{цтэ} \cdot d \cdot \cos(\theta \cdot t)^2 + d^2)} \quad (3.3)$$

де θ – кутова швидкість точки поверхні пружинних зубів, що враховує ковзання.

З урахуванням додатково прикладеного рушійного моменту до осі обойми з встановленими пружинними зубами в ґрунтовому масиві виникає небезпечна напруга, коли співвідношення між нормальними σ і дотичними напруженнями задовольняє рівняння Кулона – Мора

$$\tau - f\sigma = k_A, \quad (3.4)$$

де σ - нормальне напруга, Н/м²;

τ - дотичне напруження, Н/м²;

f - коефіцієнт внутрішнього тертя;

k_A - коефіцієнт зчеплення.

Нормальна сила, що виникає при взаємодії пружинних зубів з поверхневим шаром ґрунту, з урахуванням пропонованих агротехнічних вимог, визначиться:

$$R_n = \frac{\sigma_{см} S_2 \sin(\theta_1 / 2)}{4k_A H_{дон} \cos\varphi} + \frac{H_{дон}}{2 \cos\varphi}, \quad (3.5)$$

де $\sigma_{см}$ - напруження зминання ґрунту, Н/м²;

S_2 - площа контакту циліндричного зубчастого елемента, м²;

$H_{дон}$ - допустима глибина занурення циліндричного зубчастого елемента, м;

φ - кут внутрішнього тертя ґрунту, град.

Визначення діаметра циліндричного зубчастого елемента здійснено, виходячи з гранично допустимої зони ущільнення, по формулі:

$$r_{\text{цтэ}} = \frac{h_{\text{yn}} - h_1 - \frac{\alpha \text{ctg} \varphi}{2}}{(\text{ctg} \varphi)(-\sin \varphi_1) + \cos \varphi_1} \quad (3.6)$$

де h_1 - висота розташування центру борінки щодо поверхні ґрунту, м;

h_{yn} - величина ущільнення поверхні ґрунту, м;

φ_1 - кут зовнішнього тертя ґрунту по зубцю борінки, град.

Для оптимізації енергетичних параметрів ґрунтообробної борінки здійснений розрахунок сил, що діють на поверхні пружинних зубів з ґрунтом. З урахуванням положення теорії руху центру мас, рівняння запишуться у вигляді

$$m \cdot \ddot{x}_c = \sum X_i, \quad m \cdot \ddot{y}_c = \sum Y_i, \quad J \cdot \mathcal{E} = \sum m_c(P_i), \quad (3.7)$$

де m - маса трубчастої обойми з циліндричними трубчастими елементами;

X_c - значення прискорення по осі OX ;

$\sum X$ - сума проєкцій розглянутих сил на вісь OX ;

Y_c - значення прискорення по осі OT ;

$\sum Y$ - сума проєкцій розглянутих сил на вісь OT ;

$J\mathcal{E}$ - інерційні сили від моментів, створених розглянутими силами;

$\sum m_c(P_i)$ - сума моментів, створених розглянутими силами.

З урахуванням прийнятих позначень формули для визначення зусиль запишуться у вигляді:

$$\begin{cases} m \cdot [-R_{\text{цтэ}} \omega^2 \cos \omega t] = N \cos \gamma - F \cos \delta - P \cos \beta - F_{\text{сн}} \cos \varepsilon - R \cos \alpha, \\ m \cdot [R_{\text{цтэ}} \omega^2 \sin \omega t] = -N \sin \gamma - F \sin \delta - P \sin \beta - G - F_{\text{сн}} \sin \varepsilon + R \sin \alpha, \\ J\mathcal{E} = FR_{\text{цтэ}} - M - M_o - F_{\text{сн}} R_{\text{цтэ}}. \end{cases} \quad (3.8)$$

Після перетворення складеної системи рівнянь (3.8), значення розглянутих сил виражаються у вигляді

$$N = G_{\text{цтэ}} (R_{\text{цтэ}} \omega^2 (\sin \omega t - 1)), \quad (3.9)$$

$$P = -G_{\text{ЦТЭ}} R_{\text{ЦТЭ}} \omega^2, \quad (3.10)$$

$$R = \frac{G_{\text{ЦТЭ}} (R_{\text{ЦТЭ}} \omega^2 (\sin \omega t - 1)) (f_1 + \mu)}{f_2}, \quad (3.11)$$

Використовуючи отримані значення розглянутих сил з системи рівнянь (12), після перетворень, запишемо

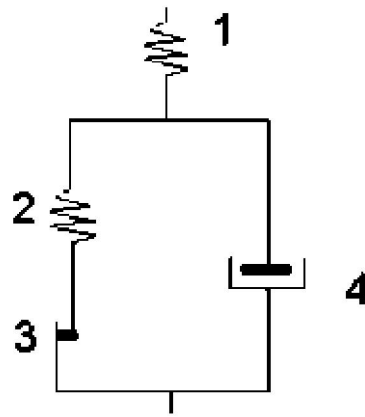
$$\begin{aligned} P_{z6} &= G_{\text{ЦТЭ}} (R_{\text{ЦТЭ}} \omega^2 (\sin \omega t - 1)) \sin \alpha, \text{ Н} \\ G_{z6} &= G_{\text{ЦТЭ}} (R_{\text{ЦТЭ}} \omega^2 (\sin \omega t - 1)) \cos \alpha, \text{ Н} \\ M_{кр} &= G_{\text{ЦТЭ}} (R_{\text{ЦТЭ}} \omega^2 (\sin \omega t - 1)) (y_a \sin \alpha - x_a \cos \alpha), \text{ Н}\cdot\text{м}. \end{aligned} \quad (3.12)$$

Аналіз рівнянь показав, що значення визначаються сил і моментів для оптимального режиму роботи ґрунтообробного катка, залежать від конструктивних параметрів і швидкісних режимів його роботи. На підставі аналітичних залежностей взаємодії ґрунтообробного катка з ґрунтом, з урахуванням виразу (12), визначено час дії пружин зубів на ґрунт:

$$t = \frac{\pi}{90V_m} r_{\text{ЦТЭ}} \arccos\left(1 - \frac{H_{\text{дон}}}{r_{\text{ЦТЭ}}}\right) \quad (3.13)$$

Проведений розрахунок часу контакту зубів з ґрунтом, при радіусі циліндричного трубчастого елемента рівному $r_{\text{ЦТЭ}} = 30$ мм, швидкості катка $V_m = 12$ км/ч, кінематичному режимі роботи $\lambda = 1,2$, складає 0,03 секунди.

Оскільки основним об'єктом обробки є ґрунт, тому в основу взаємодії даної системи покладено принцип деформованого стану ґрунту. З урахуванням вимог до моделі ґрунт приймається як пружно – в'язкопластичне середовище. Механічна схема даної моделі вказана на рис. 3.2. Схема моделі включає елементи, які характеризують властивості пружності, в'язкості і пластичності, що з'єднано певним чином в єдину механічну систему.



1 і 2 - елементи пружності; 3 - елемент пластичності; 4 - елемент в'язкості

Рисунок 3.2 – Схема моделі пружно-в'язко-пластичного середовища

Запропонована модель дозволяє розглядати два режими роботи - перший, коли навантаження на ґрунт не перевищує межі текучості ($\sigma < \sigma_m$), т.б. елемент пластичності не працює. Другий, коли деформація критична і напруги перевищують межу текучості ($\sigma > \sigma_m$). Наведеною схемою моделі відповідають наступні рівняння при нерівності $\sigma < \sigma_m$

$$\varepsilon = \varepsilon_1 + \varepsilon_2, \quad \varepsilon_2 = \varepsilon_\sigma, \quad \sigma_\sigma + \sigma_2 = \sigma_1 = \sigma. \quad (3.14)$$

Тоді рівняння, що характеризують деформування пружно-в'язкопластичного середовища, запишуться у вигляді:

$$\sigma_1 = \varepsilon_1 E_1, \quad \sigma_2 = \varepsilon_2 E_2, \quad \sigma_\sigma = \mu \frac{d\varepsilon_\sigma}{dt}, \quad (3.15)$$

де σ_1, σ_2 - нормальні напруги в першому і другому пружних елементах;
 $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ - поздовжні відносні деформації першого і другого пружних елементів;
 $\sigma, \varepsilon_\sigma$ - напруги і деформації елементів в'язкості.

Деформація ґрунту при впливі ґрунтообробного катка залежить як від властивостей ґрунту, так і від умов навантаження - величини і часу дії навантаження. Умова прикладання навантаження можна виразити як

$$\sigma = \sigma_m \sin \omega \cdot t. \quad (3.16)$$

При такому характері навантаження, використовуючи дельта функцію Дірака, величина деформації для вузького елемента визначається:

$$\varepsilon = \frac{\sigma_M}{\mu\omega} \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right). \quad (3.17)$$

Графічно умова навантаження ґрунту представлено на рис. 3.3.

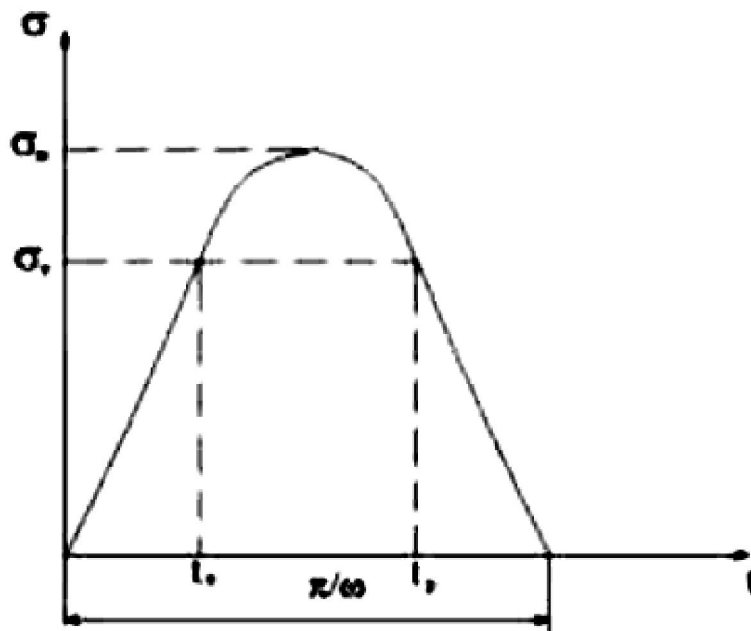


Рисунок 3.3 – Графічна залежність впливу контактних напружень від часу дії пружин зубів з ґрунтом

Аналізуючи математичну модель при впливі циліндричного трубчастого елемента в період часу

$$0 \leq t \leq \frac{\pi}{\omega}, \quad (3.18)$$

відзначається, що в початковий період деформування ґрунту має пружно-в'язкий характер, де величина деформації визначається виходячи з початкової умови $\varepsilon(0)=0$ дорівнює:

$$\varepsilon(t) = \frac{\sigma_M}{\sqrt{E_M^2 + \omega^2 \mu^2}} \left[\sin \theta e^{-\frac{t}{T}} + \sin(\omega t - \theta) \right] + \frac{\sigma_M \sin \omega t}{E_1}. \quad (3.19)$$

В період часу до максимального значення напруг деформація ґрунту збільшується до того, коли напруження дорівнюють межі несучої здатності ґрунту. Ґрунт переходить зі стану пружно-в'язкого деформування в пружно-в'язкопластичне деформування.

Збільшення навантаження на ґрунт в період часу t , змінює величину деформації:

$$\varepsilon(t) = \frac{\sigma_M}{\omega\mu} \sin \omega(t - \frac{\pi}{\omega}) - \frac{\sigma_T(t - t_T)}{\mu} + \frac{\sigma_T}{E_2} + \frac{\sigma_M \sin \omega t}{E_{II}} + \frac{\sigma_M}{\omega\mu} \cos \omega t_0. \quad (3.20)$$

У період зниження рівня напружень час t_p визначається з виразу:

$$t_p = \frac{1}{\omega} \left[\pi - \arcsin \frac{\sigma_T}{\sigma_M} \right]. \quad (3.21)$$

Для періоду часу впливу циліндричного трубчастого елемента

$$t_p < t \leq \pi/\omega \quad (3.22)$$

величина деформацій визначається рівнянням

$$\varepsilon(t) = \frac{\sigma_M}{\sqrt{E_M + \omega^2 \mu^2}} \left[\sin \theta (e^{\frac{(t-t_p)}{T}} - 1) + \sin(\omega t - \theta) - \sin(\omega t_T - \theta) \right] + \frac{\sigma_M}{\omega\mu} \cos \omega t_T - \frac{\sigma_T(t_p - t_T)}{\mu} + \frac{\sigma_T}{E_2} + \frac{\sigma_M \sin \omega \cdot t}{E} + \frac{\sigma_M}{\omega\mu} \cos \omega t_p \quad (3.23)$$

Отримані залежності описують процес деформування ґрунту при впливі змінюється навантаження. Після припинення дії навантаження в період

$$t > \pi/\omega$$

протікає процес релаксації пружно-в'язкої частини деформації (3.24) и залишкова пластична деформація ε_{II} визначається у такий спосіб:

$$\varepsilon_{II} = \frac{\sigma_M}{\omega\mu} \cos \omega t_T - \cos \omega t_p - \frac{\sigma_T(t_p - t_T)}{\mu}. \quad (3.25)$$

З використанням запропонованих математичних моделей складена розрахункова графічна залежність деформації ґрунту як пружно-в'язкопластичне середовище (рис. 3.4).

Наведені залежності дослідження величини деформації ґрунту (рис. 3.4), яка визначена при початковій умові, де залишкові деформації відсутні (при $t=0$ величина $\varepsilon=0$). Зазначені залежності можна використовувати при наявності залишкових деформацій. Подальше дослідження взаємодії ротаційних робочих органів з ґрунтом дозволило скласти модель руху ротаційної борони в

загальному вигляді. Рівняння руху ротаційної борони (рис. 3.5) запишеться так:

$$\left. \begin{aligned} x &= V_n t + R_i \sin \alpha \sin \beta \sin \omega t + R_i \cos \alpha \cos \omega t; \\ y &= R_i \sin \beta \cos \alpha \sin \omega t - R_i \sin \alpha \cos \omega t; \\ z &= -R_i \cos \beta \sin \omega t \end{aligned} \right\} \quad (3.26)$$

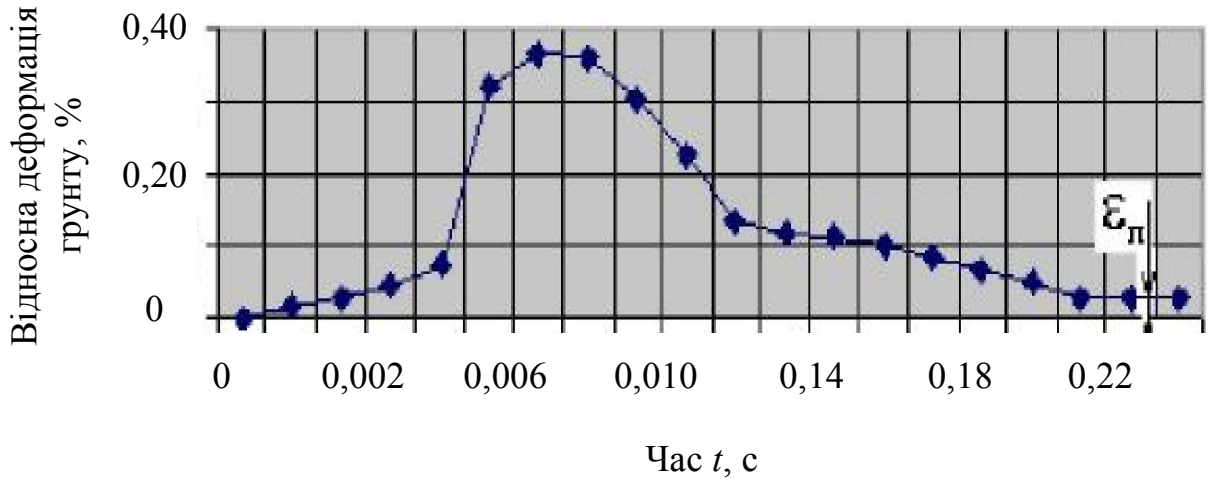
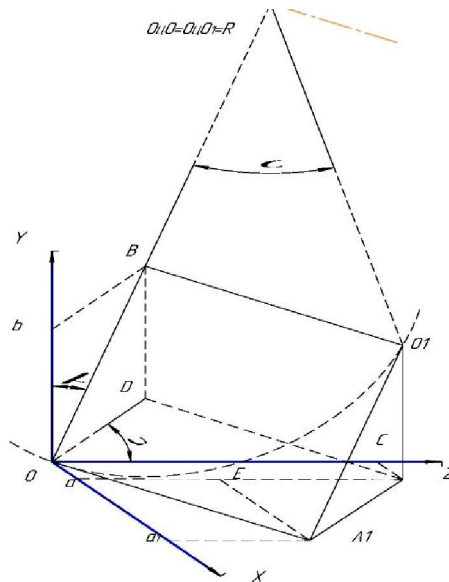


Рисунок 3.4 - Графік зміни деформації ґрунту в період дії пружних зубців борінок



R - внутрішній радіус спіралі; α - кут, на який переміщується спіраль;
 r - радіус спіралі при пружною деформації; β - кут можливого конуса спіралі між віссю і утворює конуса при її деформації; γ - кут афронтальності

Рисунок 3.5 - Схема кінематики переміщення ротаційного робочого органу

У відносному русі точка поверхні робочого органу з початкового положення переміститься в точку $O1$ з координатами $x1=a$, $x2=b$, $x3=c$. У переносному русі вся система зміститься вздовж осі абсцис на відстань $x2=V_n t$. На підставі кінематичної схеми можна визначити значення точки «а», виходячи з рівності $a=Oa=Oa1-aa1$. Також видно, що $Oa1=OA1 \cdot \cos \gamma$, $OA1=BO1=R \cdot \sin \alpha$. Тоді $Oa1=R \cdot \sin \alpha \cdot \cos \gamma$.

Оскільки $OB=R-O_y B = R - R \cos \alpha = R(1-\cos \alpha)$, то $AA1 = R \cdot \sin \beta (1-\cos \alpha)$. Отже, $aa1 = R \sin \beta \cdot \sin \gamma (1 - \cos \alpha)$. З урахуванням значень відрізків $Oa1$ и $aa1$, можна виразити значення «а», так

$$a = R \sin \alpha \cos \gamma - R(1 - \cos \alpha) \sin \beta \sin \gamma = R(\sin \alpha \cos \gamma - (1 - \cos \alpha) \sin \beta \sin \gamma)$$

Висловивши швидкість зовнішньої точки ротаційної борони через кінематичний режим роботи, запишемо

$$x = V_n t - a = R \left[\frac{\alpha}{\lambda} + \sin \alpha \cos \gamma - (1 - \cos \alpha) \sin \beta \sin \gamma \right] \quad (3.27)$$

Для визначення значення $y=b$, з рисунка 3.5 визначимо, що

$$c=OC=aE+EA. \quad (3.28)$$

Отже, вираз для визначення значення «у», запишеться у вигляді:

$$y = R(1 - \cos \alpha) \cos \beta, \text{ м.} \quad (3.29)$$

Для визначення значення «у=c», з рисунка 3.5 видно, що $c=OC=aE+EA$.

Отже:

$$z = OC = R(\sin \alpha \sin \gamma + \cos \gamma \sin \beta (1 - \cos \alpha)) \quad (3.30)$$

Тому, в абсолютному русі координати траєкторії точки поверхні робочого органу, визначаються як

$$\begin{aligned} x &= x1 + x2 = V_n t + a, \\ y &= y1 = b, \\ z &= z1 = c. \end{aligned} \quad (3.31)$$

Отже, система рівняння руху точки визначиться у вигляді:

$$\left. \begin{aligned} x &= R \left[\frac{1}{\lambda} - \sin \alpha \cos \gamma + (1 - \cos \alpha) \sin \beta \sin \gamma \right] \cos \omega t \\ y &= R(1 - \cos \alpha) \cos \beta \sin \omega t \\ z &= R \left[\sin \alpha \sin \gamma + \cos \gamma \sin \beta (1 - \cos \alpha) \right] \sin \omega t \end{aligned} \right\} \quad (3.32)$$

Абсолютна швидкість деформації ґрунту зубами борони, після диференціювання рівнянь траєкторій руху, запишеться у вигляді

$$V_a = \sqrt{V_x^2 + V_y^2 + V_z^2} = V_o \sqrt{1 + \frac{1}{\lambda^2} - \frac{2}{\lambda(\cos \gamma \cos \omega t - \sin \beta \sin \gamma \sin \omega t)}}, \text{ м/с}, \quad (3.33)$$

$$\text{де } V_x = \frac{dx}{dt} = R\omega \left(\frac{1}{\lambda} - \cos \gamma \cos \omega t + \sin \beta \sin \gamma \sin \omega t \right),$$

$$V_y = \frac{dy}{dt} = R\omega \cos \beta \sin \omega t,$$

$$V_z = \frac{dz}{dt} = R\omega (\sin \gamma \cos \omega t + \sin \beta \cos \gamma \sin \omega t).$$

На підставі складеної моделі виконаний розрахунок швидкості деформації в межах 1,5...2,0 м/с в залежності від кута знаходження зуба ротаційної борони в ґрунті. Аналіз розрахунків показав, що швидкість деформації ґрунту змінюється в межах від 0 до 2 м/с за один оборот ротаційної борони. Мінімальна швидкість деформації в зоні з кутом повороту борони від 0 до 20°.

Для визначення питомого навантаження від заснування ротаційної борони на ґрунт запропоновано вираз, складене на підставі аналізу схеми (рисунок 3.6).

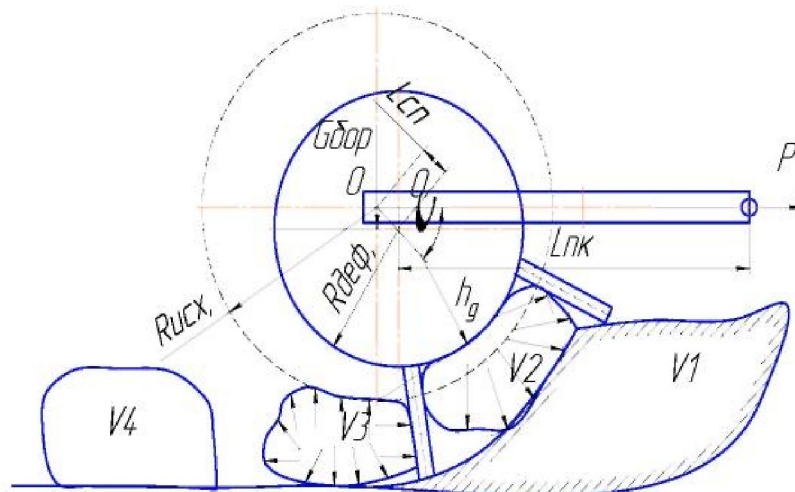


Рисунок 3.6 – Схема для визначення тиску на ґрунт ротаційної борони

Зі схеми видно чотири зони деформації ґрунту: V1, V2, V3, V4.

З урахуванням деформації ґрунту і його подальшого відновлення, можна записати нерівність ґрунтових обсягів $V2 < V3 < V4 < V1$.

Глибина занурення від впливу на поверхню ґрунту ротаційної борони визначиться з виразу:

$$h_q = 1,31 \cdot (G_{cn} \cdot E + P_{cn} \cdot L_{cn} \sin \alpha_{cn} / L_{нк}) B_{cn}^2 q^2 D_{cn} \quad (3.33)$$

де G_{cn} - сила тяжіння ротаційної борони, Н;

E - коефіцієнт, що враховує вплив жорсткості спіральної утворює на силу тяжіння ротаційної борони;

P_{cn} - тяговий опір ротаційної борони, Н;

L_{cn} - відстань від осі обертання борони до точки кріплення піввісі до поверхні ротаційної борони, м;

α - кут нахилу витка поверхні ротаційної борони, відносно горизонтальної площини, град.;

$L_{нк}$ - відстань від точки прикладання сили до осі ротаційної борони до точки прикладання тягового зусилля, м.

B_{cn} - конструктивна ширина захвату ротаційної борони, м;

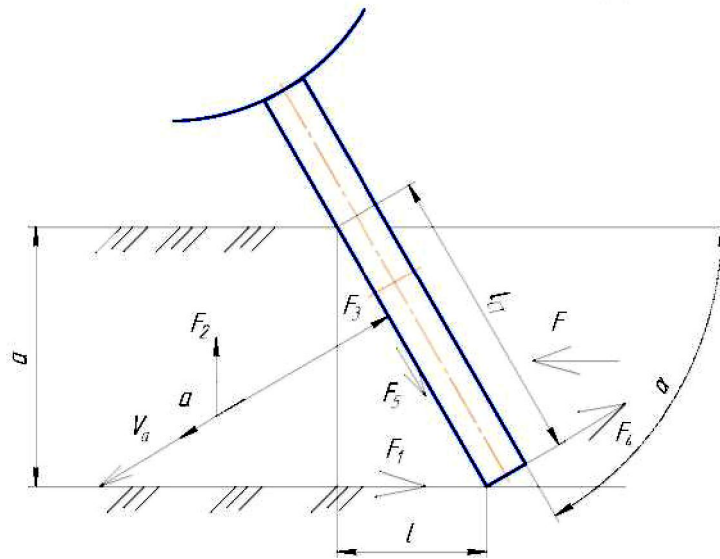
q - коефіцієнт об'ємного змінання ґрунту, Н/м³; (3.33)

D_{cn} - діаметр робочої поверхні ротаційної борони, м.

Для обґрунтування форми зубів, встановлених на поверхні спіральної утворює ротаційної борони, проведені теоретичні дослідження. Інтенсивність деформації і розпушування ґрунту ротаційними робочими органами визначається видом траєкторії їх руху. Аналіз взаємодії робочого органу з ґрунтом дозволив визначити тяговий опір ротаційної борони. Робота зуба протікає нерівномірно, що чергуються циклами (рисунок 3.7). Кожен цикл складається з декількох фаз.

У різні проміжки часу частинки ґрунту мають різні за значенням абсолютну і відносну швидкості. Це призводить до змінного впливу ^(3.33) на поверхню ґрунту. У зв'язку зі складністю явищ при обробці ґрунту для

вирішення практичного завдання силового плану приймається схема деформації ґрунту зубом, розроблена з урахуванням максимально можливої кількості силових впливів.



(3.33)

Рисунок 3.7 – Схема сил, що діють на зуб

При впливі передньою гранню зуба ґрунт стискається і виникає пластична деформація, відокремлюючи ґрунтові елементи тіла ковзання. Елемент ґрунту, який відокремився, зміщується вниз по передній грані робочого органу під кутом різання α і під кутами γ_1 і γ_2 у подовжній і поперечній площинах відповідно. Зусилля різання знижується, а потім знову зростає, оскільки сила опору різання являє собою періодичну функцію через чергування фаз стиснення - зсуву. Розглянувши ґрунтовий елемент в кінці фази стиснення, коли напруги на робочій грані зуба, викликані деформацією ґрунту, максимальні і ґрунтовий елемент набуває властивостей твердого тіла, тяговий опір робочого органу виражається сумою діючих на нього сил

$$F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5, \quad (3.34)$$

де F_1 - опір входження зуба в ґрунт, Н;

F_2 - опір від маси сколюваного ґрунтового елемента, Н;

F_3 - опір від сил інерції, яка пов'язана зі зміною швидкості переміщення елемента, Н;

F_4 - опір зрушенню ґрунтових частинок, Н;

F_5 - опір від сили тертя ґрунту об поверхню зуба, Н.

Визначено опір входження зуба в ґрунт:

$$F_1 = B(K_n + \sigma_{сж} l_{ст}), \quad (3.35)$$

Опір, обумовлене масою сколюваного ґрунтового елемента, визначається за формулою:

$$F_2 = m \cdot g = \rho \cdot S \cdot l_{СТ} \cdot g, \quad (3.36)$$

де m - маса сколюваної стружки ґрунту, кг;

g - прискорення вільного падіння, m/c^2 ;

ρ - щільність ґрунту, $кг/м^3$;

S - площа поверхні відколу стружки ґрунту, $м^2$.

Сила F_3 , пов'язана зі зміною швидкості руху ґрунтових частинок і обумовлена дією сили інерції, з урахуванням перетворення визначена як

$$F_3 = \frac{S\rho V^2 \sin \alpha}{2 \sin 180 - (\alpha + \psi) \cos \alpha}, \quad (3.37)$$

Опір зрушенню елементів стружки F_4 можна визначити за виразом через дотичні напруження:

$$F_4 = \tau_{np} S, \quad (3.38)$$

де τ_p - максимальне напруження ґрунту на зрушення, $Н/м^2$.

У процесі різання ґрунтового елемента виникає опір від сили тертя ґрунту F_5 об поверхню зуба ротаційної борони. Сила тертя в більшій мірі залежить від нормального зусилля і фізичного стану.

Відповідно до закону Кулона:

$$F_5 = N \cdot f, \quad (3.39)$$

де N - сила нормальної реакції на робочій поверхні зуба, Н;

f - коефіцієнт тертя ґрунту по сталі.

Нормальна реакція визначається шляхом проектування сил F_2 , F_3 , F_4 на вісь OX , перпендикулярну площині робочої грані зуба ротаційної борони

$$N = F_2 \cos \alpha + F_3 \cos 90^\circ - (\alpha + \psi) + F_4 \cos 90^\circ - (\alpha + \psi) . \quad (3.40)$$

З урахуванням вищевикладеного опір, що виникає від сил тертя ґрунту об поверхню зуба ротаційної борони, можна визначити з виразу:

$$F_5 = (F_2 \cos \alpha + (F_3 + F_4) \cos 90^\circ - (\alpha + \psi)) f . \quad (3.41)$$

Остаточно в розгорнутому вигляді формула для визначення тягового опору матиме вигляд

$$F = B(K_n + \sigma_{сж} l_{CT}) + \rho g S l_{CT} + \left(\frac{\rho V_n^2 \sin \alpha}{2 \sin 180^\circ - (\alpha + \psi) \cos \alpha} + \tau_{np} \right) S + \left(\rho g S l_{CT} \cos \alpha + \left(\frac{\rho V_n^2 \sin \alpha}{2 \sin 180^\circ - (\alpha + \psi) \cos \alpha} + \tau_{np} \right) S \cos 90^\circ - (\alpha + \psi) \right) f , \quad (3.42)$$

Використовуючи отримані математичні моделі, визначено тяговий опір ротаційної борони в залежності від властивостей ґрунту (ρ , f , ψ), конструктивних параметрів зуба (α , B) технологічних параметрів (λ , V). Зміна будь-якої з цих величин веде до зміни сил, що діють на робочий орган, що дозволяє оптимізувати параметри і режими функціонування різних типів ротаційних робочих органів, а також розрахувати енергетичні витрати при передпосівному обробітку ґрунту.

На рис. 3.8 представлена залежність тяговому опору ротаційної борінки від швидкості руху.

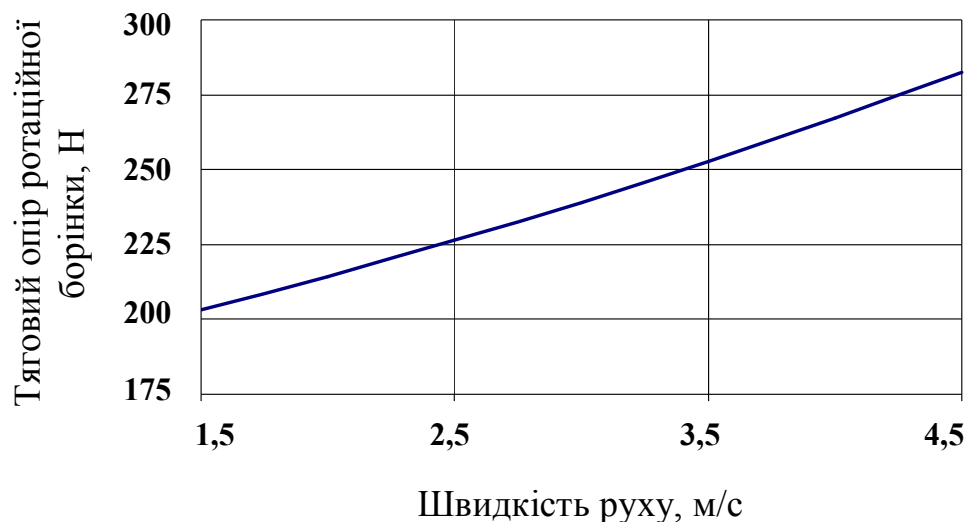


Рисунок 3.8 – Залежність тяговому опору ротаційної борінки від швидкості руху

Аналіз представленої залежності свідчить про те, що зі збільшенням швидкості руху ротаційної борінки величина тягового опору збільшується. Зокрема, зі збільшенням швидкості руху з 1,5 м/с до 4,5 м/с, тобто в 3 рази, тяговий опір збільшується практично з 200 до 300 Н, тобто на 30%. При цьому слід відзначити, що характер цієї залежності носить квадратичний характер.

Результати теоретичних досліджень дозволяють обґрунтовувати, як конструктивно-технологічні параметри, так і режимні.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Рекомендації щодо безпечного застосування сільськогосподарської техніки при виконанні основних агротехнологічних операцій у рослинництві

4.1.1 Організація та безпечне проведення транспортних робіт.

Організовуючи та виконуючи транспортні роботи, необхідно керуватися Законом України «Про дорожній рух» та Правилами дорожнього руху України, затвердженими постановою Кабінету Міністрів України від 10 жовтня 2001 року № 1306.

Посадові особи, які відповідають за експлуатацію і технічний стан сільськогосподарської техніки, повинні:

- забезпечувати належний технічний стан сільськогосподарської техніки та дотримання екологічних вимог щодо їх експлуатації;

- не допускати до керування сільськогосподарської техніки осіб, які не мають права на її керування, не пройшли в установлені терміни медичного огляду, перебувають у стані алкогольного чи наркотичного сп'яніння, у хворобливому стані або під впливом ліків, що знижують реакцію та увагу;

- не допускати до роботи сільськогосподарську техніку, технічний стан якої не відповідає вимогам державних стандартів, Правил дорожнього руху України, затверджених постановою Кабінету Міністрів України від 10 жовтня 2001 року № 1306, а також якщо її не зареєстровано в установленому порядку, переобладнано з порушенням вимог законодавства або вона не пройшла відповідний технічний огляд.

Агрегатувати машини та устаткування з тракторами, самохідними шасі, а також переводити їх у транспортне положення необхідно згідно з вимогами, передбаченими експлуатаційною документацією.

Роботу агрегату, який обслуговують кілька працівників, потрібно починати тільки за встановленим сигналом, переконавшись у тому, що всі працівники його зрозуміли.

Розвертати ґрунтообробний машинно-тракторний агрегат дозволено лише після того, як було виглиблено з ґрунту робочі органи.

Під час перевезення пально-мастильних матеріалів і аміачної води автотракторні цистерни мають бути забезпечені відповідними вогнегасниками і пристроями для утримання або закріплення у неробочому стані шлангів, а також металевими заземлюючими ланцюгами.

Для керування з кабіни трактора і забезпечення гальмування причепа під час зупинення, увімкнення гальм у разі відривання причепа від трактора, утримання причепа під час стоянки на схилах, запобігання штовхальній дії причепа на трактор при раптовій зміні швидкості руху, гальмівну систему тракторних причепів необхідно під'єднати до гальмівної системи трактора.

На час виконання колісними тракторами транспортних робіт ведучі колеса необхідно встановити на максимальну транспортну ширину колії і мінімальний дорожній просвіт, передбачені конструкцією.

Для безпечної роботи під піднятим кузовом причепів-самоскидів і самохідних шасі необхідно установлювати упор. Не дозволяється виконувати роботи під піднятим завантаженим кузовом.

Тракторні потяги повинні відповідати таким вимогам безпеки:

- кількість причепів у тракторному потягу улаштовують залежно від тягової потужності трактора і дорожніх умов;

- гальмівну систему причепів і систему управління підніманням кузовів під'єднують до приводу керування з робочого місця тракториста-машиніста;

- електрообладнання причепів під'єднують до системи електрообладнання трактора.

Причепи між собою і з трактором, крім з'єднання шкворнем, необхідно з'єднувати страхувальними ланцюгами (тросами).

Направляючи трактори в рейс більше, ніж на добу, необхідно призначати два трактористи-машиністи і виділяти трактор із двомісною кабіною. При направленні у рейс одного тракториста-машиніста тривалість рейсу не повинна перевищувати однієї зміни.

Для виконання транспортних робіт за участі колісних тракторів призначають трактористів-машиністів, які мають стаж роботи за цією спеціальністю не менше двох років, а за участі гусеничних тракторів – трактористів-машиністів із стажем роботи не менше одного року.

Під час руху на крутих спусках заборонено перемикання передач.

Під час руху гусеничних машин на ділянках доріг, позначених дорожнім знаком «Крутий спуск», необхідно користуватися правилом зворотнього керування (у разі повертання вправо від'єднують ліву гусеницю, вліво – праву гусеницю).

4.1.2. Рекомендації щодо розміщення і режимів руху машин та агрегатів.

Розміщувати машини, машинно-тракторні агрегати, збиральні та транспортні засоби на полях, де проводять сільськогосподарські роботи, необхідно згідно з розробленими технологічними картами.

Заправляти сільськогосподарські машини і агрегати технологічними матеріалами (насінням, розсадою, рідкими та твердими агрохімікатами і пестицидами тощо) потрібно на технологічних дорогах поля із застосуванням засобів механізації.

Режими руху сільськогосподарських машин і машинно-тракторних агрегатів під час виконання технологічних операцій повинні відповідати технологічним картам та експлуатаційній документації і не допускати їх зіткнення чи наїзд на працівників та осіб, що відпочивають.

Сільськогосподарські машини загального призначення використовують під час проведення робіт на полях з нахилом до 9° (16%).

Причіпні сільськогосподарські машини, які обладнано постійними робочими місцями, повинні мати справну двосторонню сигналізацію.

4.1.3. Рекомендації для безпечної експлуатації сільськогосподарської техніки під час обробітку ґрунту, сівби, садіння і догляду за посівами.

Механізовані роботи з обробітку ґрунту, сівби, садіння та догляду за посівами необхідно проводити згідно з вимогами технологічних (операційних) карт та експлуатаційної документації.

У зоні можливого руху маркерів або навісних машин під час розвертання машинно-тракторних агрегатів не повинні перебувати допоміжні працівники.

Не можна допускати одночасного обслуговування одним працівником двох або більше сівалок під час руху агрегату.

Завантажувати сівалки і садильні машини насінням, садильним матеріалом та добривами потрібно механічним способом. Завантажувати вручну дозволено тільки після зупинення посівного або садильного агрегату та вимкнення двигуна трактора, застосовуючи засоби індивідуального захисту.

Замінювання, очищення та регулювання робочих органів навісних машин і знарядь, які перебувають у піднятому стані, слід проводити після вжиття заходів, що запобігають їх самовільному опусканню.

Не дозволяється підніматися на машини під час їхнього руху, а також спускатися з них.

4.2 Вимоги з охорони праці під час експлуатації культиваторного МТА

До експлуатації та обслуговування культиватора повинні допускатися особи, які закінчили курси з вивчення конструкції і правил експлуатації машини.

В експлуатаційній документації має бути зазначено, що до роботи з культиватором, допускаються особи, які ознайомлені з будовою та правилами його експлуатації.

Культиватор має бути обладнаний габаритними ознаками, згідно з ГОСТ 8769. Допускається також нанесення на елементи конструкції агрегату

чергування червоних та білих або жовтих та чорних смуг під кутом 45° до вертикалі, які чергуються з відстанню між ними 50 мм.

Вузли і деталі гідросистеми культиватора мають бути надійними, виключати витікання масла і самовільне опускання робочих органів. Гідросистема культиватора повинна з'єднуватись з гідросистемою енергозасобу за допомогою розподільчих муфт.

Культиватор має мати крім причіпного пристрою, страховий ланцюг або трос. Культиватор має бути обладнаний механічними розтяжками для надійності фіксації бокових секцій культиватора і транспортного ходу для далекого транспортування.

На культиваторі повинні бути нанесені попереджувальні надписи: “Увага! Перевір надійність фіксації бокових секцій. Не стій поблизу бокових секцій”.

Попадання на ґрунт паливо-мастильних речовин (масло, дизельне пальне, солідол і т. п.) під час агрегування культиватора з енергозасобом, а також у процесі експлуатації не допускається. Розміщення маслянок повинно забезпечувати зручний і безпечний доступ до них.

Культиватор повинен бути обладнаний комплектом інструменту, необхідним для обслуговування його у польових умовах. Для очищення лап і борінок культиватор повинен бути укомплектований ручним чистиком [19].

На великогабаритних вузлах культиватора мають бути позначені місця стропування згідно ГОСТ 14192.

Технічне обслуговування культиватора, як і інших ґрунтообробних знарядь, проводиться щозмінне та після сезонне. Щозмінне технічне обслуговування культиватора проводять одночасного з обслуговуванням трактора, з яким він працює.

При щозмінному технічному обслуговуванні очищають культиватор від землі та рослинних решток. Перевіряють стан робочих органів, кріплення всіх складальних одиниць культиватора, особливо кріплення робочих органів та

секцій. У разі необхідності замінюють робочі органи і підтягують ослаблені кріплення.

Всі тертьові поверхні змащують згідно з картою мащення культиватора. Перевіряють стан шин і тиск повітря в них.

Сезонне технічне обслуговування виконують при встановленні культиватора на зберігання. При цьому, крім операцій щозмінного технічного обслуговування виконують ще й такі роботи.

Проводять огляд і дають оцінку стану культиватора, визначають можливість його дальшого використання без ремонту, у разі необхідності ремонтують. На непридатні для роботи деталі складають дефектну відомість і передають механіку для оформлення заявки на їх придбання, якщо не можна виготовити ці деталі у майстернях господарства.

Деталі з пошкодженою фарбою підфарбовують. Усі тертьові поверхні деталей та складальних одиниць очищають від бруду і змащують густим мастилом.

Особливо ретельно очищають туковисівні апарати, промивають гасом і змащують.

Колеса з пневматичними шинами перебирають. Камери посипають тальком. Шини при зберіганні захищають від сонячних променів.

Зберігають культиватори під навісом або на відкритих майданчиках з твердим покриттям. Під робочі органи ставлять підкладки. При зберіганні на відкритих майданчиках знімають гідро циліндри, шланги гідросистеми і здають на склад. З гідроциліндрів і маслопроводів гідравлічної системи випускають масло.

Інструмент та запасні частини, що додаються до культиватора, очищають, змащують, чіпляють бирки з номерами машин і здають на склад. При зберіганні культиваторів періодично оглядають їх стан.

Загальні вимоги безпеки праці при роботі з ґрунтообробними машинами [20].

1. Обробіток ґрунту проводиться колісними і гусеничними тракторами класу 20-30 кН. Виконуючи ці роботи дозволяється трактористам-машиністам, які мають категорію "А" і "В" з талонами попередження та пройшли інструктаж вимог безпеки і не мають медичних протипоказань.

2. Трактористи повинні бути забезпечені спецодягом: костюм з пілонепроникної тканини, рукавиці комбіновані, окуляри захисні.

3. Технічний стан тракторів, сільськогосподарських машин повинен відповідати вимогам інструкції.

4. Під час роботи, переїзду не дозволяється перебувати на тракторах стороннім особам.

5. Тракторист повинен бути навчений прийомам надання долі карської допомоги. На кожному тракторі має бути невеличка аптечка.

6. При роботі в нічний час відпочивати в борозні, у кабіні трактора при працюючому двигуні не дозволяється. При груповій роботі тракторів визначаються місця відпочинку за межами поля.

7. У разі недомагання необхідно припинити роботу, повідомити керівників і звернутися в медпункт.

Вимоги безпеки до початку роботи.

1. Одягти спецодяг, акуратно його заправити, щоб не було звисаючих кінців.

2. При під'єднанні трактора до причіпної машини людям треба відійти від техніки на відстань не менш як 1,5 м. З'єднання проводити при повній зупинці трактора.

3. Перед початком запускання двигуна трактора перевірити положення важелів переключення передач та справність блокуючого пристрою.

4. Починати роботу тільки після ретельної перевірки справності всього агрегату.

5. При запуску пускачем не дозволяється намотувати мотузку на руку.

6. Перед початком руху трактора з місця необхідно переконатися, що це нікому не загрожує, подати попереджуючий сигнал.

7. Особливо бути обережним при навішуванні на трактор навісних машин.

Вимоги безпеки під час роботи.

1. При підйманні та опусканні навісного знаряддя, а також при поворотах треба переконатися, що ці дії не створюють небезпеки для інших працівників.

2. Під час руху агрегату сідати, сходити з нього не дозволяється.

3. Забороняється перебувати під піднятим навісним знаряддям при регулюванні та усуненні неполадок.

4. Не дозволяється залишати навісне знаряддя у піднятому положенні при довгочасних зупинках трактора.

5. На причіпних знаряддях не дозволяється встановлювати допоміжні сидіння, якщо вони не передбачені заводом – виробником.

6. При роботі у нічний час трактор повинен мати справне освітлення.

7. При з'єднанні відвалів, стояків корпусів, передплужників, отвори необхідно суміщати за допомогою бородків.

8. Очищати плуг від бур'янів, налиплого ґрунту тільки після повної зупинки.

9. При боронуванні очищення зубових борін необхідно робити за допомогою гачків. Невиконання цієї вимоги призводить до травмування працівників. При боронуванні поля, яке забруднено рослинними рештками, бур'янами, зубці борін встановлюють скосами в бік руху агрегату, це забезпечує самоочищення борін. Якщо поле чисте, скоси направляються в протилежний бік руху агрегату.

10. При зберіганні зубові борони повинні ставитися зубцями вниз.

11. При застосуванні дискових борін, луцильників необхідно звертати увагу на правильне встановлення чисток. Зазор між чисткою і диском повинен бути не менше 2 мм.

12. Забороняється регулювати глибину ходу дисків, сидіти на баластних ящиках при рухові агрегату.

13. З робочими органами культиваторів необхідна обережність. При роботі з начіпним культиватором під опорні колеса підкладають дерев'яний брус рівний глибині рихлення. Ця вимога забезпечує безпеку праці, бо зникає необхідність регулювання під час роботи,

14. При використанні культиваторів на підживленні добрива засипати їх у банки туковисівних апаратів тільки після повної зупинки агрегату.

15. При заточуванні лап культиваторів, дисків луцильників, борін, сошників до сівалок необхідно користуватися рукавицями і захисними окулярами.

Заходи безпеки в аварійних ситуаціях.

1. При несправності агрегату негайно його треба зупинити.

2. Якщо стався нещасний випадок, повідомити адміністрацію. Потерпілому надати першу долікарську допомогу, місце нещасного випадку зберегти без змін до повного розслідування.

Вимоги безпеки після закінчення робіт.

1. Вигнати агрегат із заїмки і, по затвердженім у господарстві маршрутам руху, поставити його на місце стоянки. Заглушити двигун, загальмувати трактор, у холодний період року злити воду і впевнитись, що вона повністю витекла з системи охолодження.

2. Очистити агрегат від бруду, пилу, рослинних решток. Оглянути та усунути виявлені недоліки.

3. Зняти одяг, вмитися, по-можливості прийняти душ.

4.3 Запобігання виникнення надзвичайних ситуацій

Актуальність проблеми забезпечення природно-техногенної безпеки населення і територій, зумовлена тенденціями зростання втрат людей і шкоди територіям, що спричиняються небезпечними природними явищами, промисловими аваріями і катастрофами. Ризики надзвичайних ситуацій природнього і техногенного характеру невпинно зростають.

Забезпечення безпеки та захисту населення в Україні, об'єктів економіки і національного надбання держави від негативних наслідків надзвичайних ситуацій повинно розглядатись як невід'ємна частина державної політики національної безпеки і державного будівництва, як одна з найважливіших функцій державної влади, Ради міністрів Автономної республіки Крим, місцевих державних адміністрацій, виконавчих органів рад. Вирішальним кроком у цьому напрямі є прийняття Закону України “Про захист населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природнього характеру” від 8 червня 2000 року, що визначає стратегічні напрями та засоби вирішення проблеми захисту населення, реальне створення територіальних і функціональних підсистем Єдиної державної системи запобігання надзвичайним ситуаціям техногенного і природнього характеру та реагування на них. Найбільш ефективний спосіб зменшення шкоди та збитків від надзвичайних ситуацій – запобігти їх виникненню, а в разі виникнення виконувати відповідні до даної ситуації заходи.

Запобігання виникненню надзвичайних ситуацій – це підготовка та реалізація комплексу заходів, спрямованих на регулювання безпеки, проведення оцінки рівнів ризику, завчасне реагування на загрозу виникнення надзвичайної ситуації на основі даних моніторингу, експертизи, досліджень та прогнозів щодо можливого перебігу подій з метою недопущення їх переростання у надзвичайну ситуацію або пом'якшення її можливих наслідків. Зазначені функції запобігання надзвичайним ситуаціям техногенного і природнього характеру в нашій країні покликана виконувати Єдина державна система запобігання і реагування на надзвичайні ситуації техногенного і природнього характеру (ЄДСЗР), затверджена Постановою Кабінету Міністрів України від 3 серпня 1998р №98. ЄДСЗР включає в себе центральні та місцеві органи виконавчої влади, виконавчі органи рад, державні підприємства, установи та організації з відповідними силами і засобами, які здійснюють нагляд за забезпеченням техногенної та природньої безпеки, організують проведення роботи із запобігання надзвичайним ситуаціям і реагування у разі

їх виникнення з метою захисту населення і довкілля, зменшення матеріальних втрат. ЄДСЗР складається з постійно діючих функціональних та територіальних підсистем і має чотири рівні: загальнодержавний, регіональний, місцевий та об'єктовий. Кожен рівень ЄДСЗР має координуючі та постійні органи управління. Координуючими органами ЄДСЗР є: – на загально державному рівні: - Державна комісія з питань техногенно-екологічної безпеки та надзвичайних ситуацій; - Національна рада з питань безпечної життєдіяльності населення; – на регіональному рівні – комісії обласних державних адміністрацій з питань техногенно-екологічної безпеки та надзвичайних ситуацій; – на місцевому рівні – комісія районних державних адміністрацій і виконавчих органів рад з питань техногенно-екологічної безпеки та надзвичайних ситуацій; – на об'єктовому рівні – комісії з питань надзвичайних ситуацій об'єктів [22, 23].

До систем повсякденного управління ЄДСЗР входять оснащені засобами зв'язку, оповіщення, збирання, аналізу і передачі інформації: – центри управління в надзвичайних ситуаціях, оперативно-чергові служби уповноважених органів з питань надзвичайних ситуацій та цивільного захисту населення усіх рівнів; – диспетчерські служби центральних та місцевих органів виконавчої влади, державних підприємств, установ та організацій. До складу сил і засобів ЄДСЗР входять військові і спеціальні цивільні аварійно-рятувальні (пошуково-рятувальні) формування, які укомплектовуються з урахуванням необхідності проведення роботи в автономному режимі не менше трьох діб і перебувають у стані постійної готовності, а також недержавні (добровільні) рятувальні формування. Залежно від масштабів і особливостей надзвичайної ситуації, що прогнозується або виникла, може існувати один із таких режимів функціонування ЄДСЗР: повсякденної діяльності, підвищеної готовності, діяльності у надзвичайній ситуації, діяльності у надзвичайному стані. З метою ліквідації наслідків надзвичайної ситуації у мирний час може поводитися цільова мобілізація. Ефективність функціонування систем захисту населення і територій досягається через завчасну підготовку, оперативне

реагування та ефективного управління під час надзвичайних ситуацій, своєчасне відновлення життєдіяльності населення в їх зоні. Узагальнюючи питання про наявність надзвичайного ризику, підкреслюючи, що техногенна небезпека є найбільш характерною і значною за питомою вагою серед загального кола випадків, інші ризики, властиві Україні: природні, епідеміологічні, геофізичні та інші, у країні створена потужна система захисту населення і економіки від надзвичайних ситуацій. Держава, як гарант права людини на захист свого життя і здоров'я від наслідків аварій, катастроф, пожеж, стихійного лиха створює систему цивільної оборони, яка має за мету захист населення від наслідків аварій і катастроф техногенного, екологічного, природного та воєнного характеру.

5 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОНАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МІЖРЯДНОГО ОБРОБІТКУ ПОСІВІВ ПРОСАПНИХ КУЛЬТУР З ВИКОРИСТАННЯМ БОРОНИ РОТАЦІЙНОЇ ПРУЖИННОЇ

В основу оцінки економічної ефективності використання ротаційних пружинних борінок при міжрядному обробітку посівів просапних культур положимо гіпотезу, згідно якої використання вказаного знаряддя за рахунок ефекту аерації ґрунту і його насиченням з повітря дозволить зменшити норму внесення мінеральних добрив щонайменше вдвічі.

За методику визначення показників економічного оцінювання культиватора ALTAIR-5,6 з додатковими робочими органами (ротаційними пружинними борінками) положимо ДСТУ 4397:2005 «Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробовування» [24]. Цей стандарт поширюється на спеціалізовану сільськогосподарську техніку (далі за текстом – машини), призначену для виконання окремих операцій, трактори, транспортні засоби, універсальні самохідні машини, технологічні мобільні та стаціонарні комплекси. Стандарт встановлює загальні положення, показники економічного оцінювання та методи їх визначення на етапі випробування вказаних машин.

За базовий варіант культиваторного агрегату положимо МТА у складі трактора МТЗ-82.1 і культиватора ALTAIR-5,6 з серійним набором робочих органів для міжрядного обробітку посівів просапних культур.

За новий варіант культиваторного агрегату положимо МТА у складі трактора МТЗ-82.1 і культиватора ALTAIR-5,6 з додатковими борінками ротаційними пружинними для міжрядного обробітку посівів просапних культур.

Річний економічний ефект від експлуатації нової машини з урахуванням кількості та якості продукції (E_p) у гривнях визначаються за формулою:

$$E_p = (\Pi_{\sigma} - \Pi_{\eta}) \cdot B_z + E_{я}, \quad (5.1)$$

де $\Pi_{\text{б}}, \Pi_{\text{н}}$ – сукупні витрати на га відповідно по базовій і новій машинах, грн/га;

B_3 – річний обсяг наробітку новою машиною в умовах певної природно-кліматичної зони, га;

$E_{\text{я}}$ – річний економічний ефект, отриманий за рахунок зміни кількості та якості продукції, грн.

Зональний річний обсяг наробітку новою машиною (B_3) в одиницях наробітку визначають за формулою:

$$B_3 = W_{\text{ек}} \cdot T_3, \quad (5.2)$$

де $W_{\text{ек}}$ – продуктивність нової машини за 1 год експлуатаційного часу, га/год.

T_3 – зональне річне навантаження машини, год.

$$B_{3\text{б}} = 350 \cdot 3,2 = 1200 \text{ га}.$$

Річний економічний ефект, отриманий за рахунок зміни кількості та якості продукції ($E_{\text{я}}$) у гривнях, визначається за формулою:

$$E_{\text{я}} = C_{\text{ян}} - C_{\text{яб}}, \quad (5.3)$$

де $C_{\text{ян}}, C_{\text{яб}}$ – вартість продукції, отриманої у разі застосування відповідно нової та базової машини протягом року, грн.

В дипломному проєкті положимо, що $E_{\text{я}} = 0$ грн.

Вартість продукції, отриманої у разі застосування нової чи базової ($C_{\text{я}}$) у гривнях, визначають за формулою:

$$C_{\text{я}} = \sum_{j=1}^n C_j \cdot V_j, \quad (5.4)$$

де C_j – закупівельна ціна одиниці j -ї продукції, грн;

V_j – кількість j -ї продукції, одержаної у разі застосування нової чи базової машини, т.

Сукупні витрати (Π) у гривнях на га визначають за формулою:

$$\Pi = I + K \cdot E_{\text{н}}, \quad (5.5)$$

де I – прямі експлуатаційні витрати, грн/га;

K – питомі інвестиційні вкладення, грн/га.

Коефіцієнт ефективності капітальних вкладень (E_n) визначають за формулою:

$$E_n = C_6 / 100, \quad (5.6)$$

де C_6 – ставка пільгового кредиту Національного банку України у відсотках, $C_6 = 17,5\%$.

Прямі експлуатаційні витрати (I) у гривнях на га визначають за формулою:

$$I = Z + \Gamma + A + \Phi + M, \quad (5.7)$$

де Z – затрати на оплату праці обслуговуючого персоналу, грн/га;

Γ – затрати на паливно-мастильні матеріали та електроенергію, грн/га;

P – затрати на технічне обслуговування, поточне та капітальне ремонтування, грн./га;

A – затрати на амортизацію, грн./га;

Φ – затрати на допоміжні матеріали, грн./га;

M – затрати на зберігання, страхування та монтування, грн./га.

Затрати на оплату праці обслуговуючого персоналу (Z) у гривнях на га визначають за формулою:

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n L_i \cdot t_i \cdot r_i \cdot k_d \cdot n_i}{W_{zm}}, \quad (5.8)$$

де L_i – кількість i -ої категорії виробничого персоналу, зайнятого для виконання основного технологічного процесу, технічного обслуговування та ремонтування машини (визначаються за даними випробувань), люд;

t_i – тривалість зайнятості i -го виробничого персоналу, год;

r_i – погодинна тарифна ставка оплати праці на i -му виді робіт, грн./люд.год.;

k_d – коефіцієнт, що враховує доплати до годинної ставки за продукцію, класність, стаж роботи тощо;

n_i – коефіцієнт нарахувань на заробітну плату (пенсійний фонд, соціальне страхування, фонд сприяння зайнятості);

W_{cm} – продуктивність машини за годину змінного часу, га/год.

$$3 = \frac{49,8}{3,2} = 15,56 \text{ грн / га}.$$

Затрати коштів на паливно-мастильні матеріали (Γ) у гривнях на га визначають за формулою:

$$\Gamma = q \cdot k_n \cdot C_n, \quad (5.9)$$

де q – питомі витрати палива, л/га;

C_n – ціна одного літру палива грн/л;

k_n – коефіцієнт, що враховує вартість мастильних матеріалів.

$$\Gamma = 2,9 \cdot 1,15 \cdot 29 = 96,72 \text{ грн/га}.$$

Затрати на капітальне, поточне ремонтування та технічне обслуговування (P) у гривнях на га визначають за формулою:

$$P = \frac{B \cdot (r_T + r_K)}{W_{ek} \cdot T_n}, \quad (5.10)$$

де r_T – коефіцієнт відрахувань на поточний ремонт та технічне обслуговування;

r_K – коефіцієнт відрахувань на капітальний ремонт;

T_n – нормативне річне завантаження, год.

$$P_o = \frac{585000 \cdot (0,0638)}{1300} + \frac{127000 \cdot (0,0146)}{1120} = 30,4 \text{ грн / га}.$$

$$P_n = \frac{585000 \cdot (0,0638)}{1300} + \frac{133500 \cdot (0,0146)}{1120} = 30,5 \text{ грн / га}.$$

Затрати на амортизацію машини (A) у гривнях на га визначають за формулою:

$$A = \frac{B \cdot a}{W_{3m} \cdot T_3}, \quad (5.11)$$

де a – коефіцієнт відрахувань на амортизацію машини. Визначають за допомогою прямолінійного методу нарахування амортизації, тобто

$$a = 1 / n, \quad (5.12)$$

де n – термін служби в роках.

$$A_{\sigma} = \frac{585000 \cdot (0,125)}{1300} + \frac{127000 \cdot (0,125)}{1120} = 70,4 \text{ грн} / \text{га}.$$

$$A_{\mu} = \frac{585000 \cdot (0,125)}{1300} + \frac{133500 \cdot (0,125)}{1120} = 71,2 \text{ грн} / \text{га}.$$

Затрати на допоміжні технологічні матеріали, зокрема, мінеральні добрива на підживлення сходів просапних культур (Φ) у гривнях на га визначають за формулою:

$$\Phi = \sum h_i \cdot C_{Ti}, \quad (5.13)$$

де h_i – питомі витрати i -го виду технологічного матеріалу, кг/га;

C_{Ti} – ціна одиниці i -го технологічного матеріалу, грн./кг.

$$\Phi_{\sigma} = 45 \cdot 10 = 450 \text{ грн} / \text{га}.$$

$$\Phi_{\mu} = 22,5 \cdot 10 = 225 \text{ грн} / \text{га}$$

Затрати на зберігання, страхування та монтування машин (M) у гривнях на га визначають за формулою:

$$M = \frac{\sum_{i=1}^n Z_{Pi} \cdot r_i \cdot n_i + C_d + S_{ЗСМ}}{W_{ER} \cdot T_3}, \quad (5.14)$$

де Z_{Pi} – затрати праці i -ої категорії працівників на доскладання та монтування устаткування, люд.-год.;

C_d – вартість матеріалів, які використані на доскладанні та монтуванні машини, грн.;

$S_{ЗСМ}$ – річні витрати на зберігання та страхування машини, грн.

$$M_{\sigma} = \frac{585000 \cdot (0,03)}{1300} + \frac{127000 \cdot (0,03)}{1120} = 16,9 \text{ грн} / \text{га}.$$

$$M_{\mu} = \frac{585000 \cdot (0,03)}{1300} + \frac{1335000 \cdot (0,03)}{1120} = 17,1 \text{ грн} / \text{га}$$

Питомі інвестиційні вкладення (K) у гривнях на га визначають за формулою:

$$K = \frac{B + K_{БВД}}{B_3}, \quad (5.15)$$

де $K_{БВД}$ – балансова вартість будівельної частини, необхідної для експлуатації машини, (вводиться в формулу за наявності різниці в обсягах будівельної частини нової та базової машини), грн.

$$K_{\delta} = \frac{585000 + 0}{1300} + \frac{127000 + 0}{1120} = 563,4 \text{ грн/га.}$$

$$K_H = \frac{585000 + 0}{1300} + \frac{133500 + 0}{1120} = 569,3 \text{ грн/га}$$

Прямі експлуатаційні витрати (I) у гривнях на га складатимуть:

$$I_{\delta} = 15,56 + 96,72 + 70,4 + 30,4 + 450 + 16,9 = 680 \text{ грн/га.}$$

$$I_H = 15,56 + 96,72 + 71,2 + 30,5 + 225 + 17,1 = 456 \text{ грн/га.}$$

Сукупні витрати (Π) у гривнях на га складатимуть:

$$\Pi_{\delta} = 680 + 563,4 \cdot 0,175 = 758,7 \text{ грн/га.}$$

$$\Pi_H = 456 + 569,3 \cdot 0,175 = 534,7 \text{ грн/га.}$$

Річний економічний ефект від експлуатації нової машини з урахуванням кількості та якості продукції (E_p) у гривнях дорівнюватиме:

$$E_p = (758,7 - 534,7) \cdot 1120 + 0 = 250900 \text{ грн.}$$

Річний прибуток (O) від експлуатації нової машини у гривнях визначають за формулою:

$$O = (I_{\delta} - I_H) \cdot B_3 + E_p, \quad (5.16)$$

де I_{δ} , I_H – прямі експлуатаційні витрати відповідно по базовій та новій машинах на одиницю виробітку, грн/га.

$$O = (680 - 456) \cdot 1120 + 0 = 250900 \text{ грн.}$$

Термін окупності додаткових інвестиційних вкладень на нову машину ($T_{окд}$) у роках визначають за формулою:

$$T_{окд} = \frac{K_H}{O}, \quad (5.17)$$

де K_H – сумарні інвестиційні вкладення відповідно у нову машину, грн.

$$T_{окд} = \frac{718500}{259900} = 2,8 \text{ років.}$$

Результати розрахунку прямих експлуатаційних витрат по елементах представлено в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Результати розрахунку прямих експлуатаційних витрат

Склад МТА за варіантом	Заробітна плата		Амортизація		Капітальне, поточне ремонтування, ТО		Паливо		Затрати на допоміжні матеріали (мін. добрива)		Затрати на зберігання, страхування та монтування		Всього грн/га
	грн/год	грн/га	%	грн/га	%	грн/га	л/га	грн/га	кг/га	грн/га	%	грн/га	
Базовий варіант													
MT3-82.1	49,8	15,56	12,5	70,4	6,38	30,4	2,9	96,72	45	450	3	16,9	680
ALTAIR-5,6			12,5		1,46								
Новий варіант													
MT3-82.1	49,8	15,56	12,5	71,2	6,38	30,5	2,9	96,72	22,5	225	3	17,1	456
ALTAIR-5,6			12,5		1,46								

Результати обчислювання показників порівняльної економічної ефективності представлено в табл. 5.2.

Таблиця 5.2 - Показники порівняльної економічної ефективності нового культиваторного агрегату

Найменування показника	Варіант МТА		Відхилення (+,-)
	Базовий	Новий	
	MT3-82.1+ ALTAIR-5,6	MT3-82.1+ ALTAIR-5,6 з ротац. борінками	
1	2	3	4
Балансова вартість агрегату, грн	585000+	585000+	+6500
	127000	133500	
Продуктивність змінна, га/год	3,20	3,20	-

1	2	3	4
Зональний наробіток, год	350	350	-
га	1120	1120	-
Затрати праці, люд.-год/га	0,31	0,31	-
Прямі експлуатаційні витрати, грн/га	680,0	456,0	224,0
Сукупні витрати, грн/га	758,7	534,7	224,0
Річна економія ресурсів (мін.добрив), т	-	25,2	-
Річний економічний ефект, одержаний за рахунок економії ресурсів (або зміни кількості та якості продукції), грн	-	252000	-
Річний економічний ефект від експлуатації нового агрегату, грн.	-	250900	-
Річний прибуток, грн.	-	250900	
Термін окупності додаткових інвестиційних вкладень, роки	-	2,8	

Результати розрахунків економічної ефективності свідчать, що якщо обладнати культиватор ALTAIR-5,6 борінками ротаційними пружинними, то за рахунок скорочення витрат на мінеральні добрива для підживлення сходів просапних культур можна одержати річний економічний ефект в сумі 250900 грн, а затрати на придбання нового культиваторного агрегату при його річному зональному завантаженні окупляться за 2,8 років.

ВИСНОВКИ

1. Агрокліматичні умови Запорізької області та стан її ґрунтових ресурсів відносить цю зону до зони ризикованого землеробства. Причиною цього є низька річна кількість опадів та низька вологість ґрунтів на період сівби просапних культур. З вказаних причин вважаємо, що обробка культиваторною лапою на глибину до 12 см сприяє не стільки накопиченню, скільки, практично, повної втраті вологи в цьому шарі.

2. Боротьба з бур'янами в технологіях вирощування просапних культур, зокрема соняшнику, в основному проводиться шляхом внесення гербіцидів. Проте гербіциди негативно діють на сходи соняшнику знижуючи польову схожості насіння на 18...20 %. Це викликає необхідність збільшення норми висіву дорогого насіння як мінімум на цю ж величину. Що призводить до зростання витрат на вирощування соняшника на 36...45 грн/га. Отже, при виключенні застосування гербіцидів в технології вирощування соняшнику усувається необхідність і в збільшенні норми висіву насіння.

3. Замість механічної міжрядної обробки посівів просапних культур просапними і стрілочастими лапами культиваторів в проекті пропонується використовувати принцип обробки ґрунту ротаційними і пружинними робочими органами. Запропонована ротаційна борінка може використовуватися на секції просапного культиватора індивідуально, а також з іншими робочими органами. Її розміщення на культиваторі повинно бути в межах захисної зони.

4. Міжрядній обробіток посівів просапних культур з використанням борони ротаційної пружинної в умовах Запорізької області дозволить ефективно знищувати бур'яни в фазі сходів або нитки та сприятиме ґрунтовій аерації, завдяки цьому більш ефективно буде проявлятися ефект сухого поливу, який утворюється в результаті перепаду атмосферних температур. Також механічний обробіток запропонованим знаряддям дозволить ефективно виконувати боронування посівів і здійснювати руйнування ґрунтової кірки,

створюючи ідеальні умови для початкового розвитку кореневої системи рослин і забезпечуючи потужний старт їх зростання. Все це в кінцевому підсумку дозволить підвищити врожайність і якість сільгосппродукції, надасть можливість зменшити кількість внесення азотних добрив, а в деяких випадках навіть зовсім відмовитися від їх використання.

5. Обґрунтовано схему культиваторного МТА в складі трактора МТЗ-82.1 і культиватора ALTAIR-5,6 виробництва ПАТ «Ельворті», використання якого в умовах Запорізької області дозволить очікувати продуктивність його роботи на рівні 3,2 га/год.

Використовуючи отримані математичні моделі, визначено тяговий опір ротаційної борони в залежності від властивостей ґрунту (ρ , f , ψ), конструктивних параметрів зуба (α , B) технологічних параметрів (λ , V). Зміна будь-якої з цих величин веде до зміни сил, що діють на робочий орган, що дозволяє оптимізувати параметри і режими функціонування різних типів ротаційних робочих органів, а також розрахувати енергетичні витрати при передпосівному обробітку ґрунту.

Аналіз представленої залежності свідчить про те, що зі збільшенням швидкості руху ротаційної борінки величина тягового опору збільшується. Зокрема, зі збільшенням швидкості руху з 1,5 м/с до 4,5 м/с, тобто в 3 рази, тяговий опір збільшується практично з 200 до 300 Н, тобто на 30%. При цьому слід відзначити, що характер цієї залежності носить квадратичний характер.

Результати теоретичних досліджень дозволяють обґрунтовувати, як конструктивно-технологічні параметри, так і режимні.

6. Обґрунтовані головні вимоги з охорони праці при використанні культиваторного агрегату на міжрядному обробітку посівів просапних культур, які дозволять запобігати виникненню аварійних і травмонебезпечних ситуацій під час проведення ґрунтообробних робіт.

7. Результати розрахунків економічної ефективності свідчать, що якщо обладнати культиватор ALTAIR-5,6 борінками ротаційними пружинними, то за рахунок скорочення витрат на мінеральні добрива для підживлення сходів

просапних культур можна одержати річний економічний ефект в сумі 250900 грн, а затрати на придбання нового культиваторного агрегату при його річному зональному завантаженні окупляться за 2,8 років.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Погорелый Л.В. Научные основы повышения производительности сельскохозяйственной техники / Погорелый Л.В., Бильский В.Г., Кононенко Н.П.- К.: Урожай, 2002.- 237 с.
2. Василенко П.М. Культиваторы (конструкция, теория и расчет) / Василенко П.М., Бабий П.Т. - К.: УАСХН, 1989. – 236 с.
3. Маринина Л. Ротационные бороны – многофункциональность, высокая продуктивность и экологичность / Л. Маринина, Л. Шустик, С. Маринин // Пропозиция. – 2017. – № 4. – С. 21-24.
4. Шустік Л. Головне в боронуванні ґрунту – правильний вибір борони / Л. Шустік, С. Маринін, Л. Мариніна // Пропозиция. – 2017. – № 3. – С. 40-44.
5. Адамчук В. В., Булгаков В. М., Кувачов В. П., Головач І. В., Ігнат'єв Є. І. Дослідження автоматичного водіння мобільного мостового агрозасобу по слідах постійної технологічної колії. *Механізація та електрифікація сільського господарства*. 2020. Вип. №11 (110).
6. Адамчук В.В., Булгаков В.М., Кувачов В.П., Головач І.В., Ігнат'єв Є.І. Черниш О.М. Дослідження властивостей постійної технологічної колії, яку використовують при мостовому землеробстві. *Вісник аграрної науки*. 2020. №8. С. 62-69.
7. Надикто В., Аюбов А., Кувачов В., Ігнат'єв Є. Удосконалене агрегування. *The Ukrainian Farmer*. 2020. № 10. С.46-48.
8. Булгаков В.М., Адамчук О.В., Кувачов В.П., Бабин І.А. Експериментальні дослідження процесу внесення мінеральних добрив новим відцентровим робочим органом. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2020. № 3 (98). С. 5-15.
9. Булгаков В.М., Адамчук О.В., Кувачов В.П. Експериментальні дослідження нерівномірності розподілу мінеральних добрив за напрямком їх розсіювання. *Інженерія природокористування*. 2020. №2(16). С. 60 – 69.

10. Адамчук В.В., Булгаков В.М., Кувачов В.П., Головач І.В., Ігнат'єв Є.І. Дослідження кочення рушіїв мостових агрозасобів по слідах постійної технологічної колії. *Вісник аграрної науки*. 2020. №10. С. 48-56.

11. Матрин Ю.Н. Выбор и оптимизация технико-экономических показателей машин / Матрин Ю.Н., Малахов И.Н.- Москва, 1987.- 140 с.

12. Адамчук В.В., Булгаков В.М., Кувачов В.П., Головач І.В., Ігнат'єв Є.І., Яременко В.В. Аналітичне дослідження ударної взаємодії вібраційного копача з тілом коренеплоду при його вилученні з ґрунту. *Вісник аграрної науки*. 2020. №11. С. 45-53.

13. В.М. Булгаков, В.В. Адамчук, В.П. Кувачов, І.В. Головач, Є.І. Ігнат'єв. Лабораторно-польові експериментальні дослідження мостового агрозасобу. *Вісник аграрної науки*. 2020. №9. С. 43-52.

14. Антонишин Р.З. Практическое руководство по технологической наладке сельскохозяйственной техники / Антонишин Р.З. – К.: Урожай, 2007. – 224 с.

15. Білоножко М.А. Рослинництво з основами землеробства / М.А. Білоножко, І.С. Руденко, В.І. Мойсеєнко та ін.- К.: Урожай, 2006.- 224 с.

16. Листопад Г.Е. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / Г.Е. Листопад.- М.: Агропромиздат, 1986.- 688 с.

17. Чорновол М.І. Сільськогосподарські машини: Теоретичні основи, конструкція, проектування. Кн.1. Машини для рільництва / Чорновол М.І., Сисолін П.В., Сало В.М., Кропівний В.М.- К.: Урожай, 2001.- 384 с.

18. Аллилуев В.А. Практикум по эксплуатации машинно-тракторного парка / Аллилуев В.А. – М: Агропромиздат, 1987. – 307 с.

19. Миценко І.М. Умови праці на виробництві / Миценко І.М.– Кіровоград, 1999. - 324 с.

20. Лехман С.Д. Охорона праці / Лехмана С.Д. – К.: Урожай, 1994. – 271с.

21. Організація охорони праці в сільському господарстві / Бутко Д.А., Луценков В.Л. та ін. Сімферополь: Бізнес–Інформ, 1998. – 368 с.

22. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці / Жидецький В.Ц. – Львів: Афіша, 1999. - 347 с.

23. Керб Л.П. Основи охорони праці: Навч.посібник / Керб Л.П. - К.: КНЕУ, 2004.-215 с.

24. Сільськогосподарська техніка. Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробування: ДСТУ 4397:2005. К., 2005.