

УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ

Допускається до захисту
Завідувач кафедри
_____ Войтік А.В.
“ ____ ” _____ 2023 р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до кваліфікаційної роботи
_____ магістр
(освітній рівень)

на тему «ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ
ГРУНТУ В ПОЛЯХ ПЛОДОВОГО РОЗПЛІДНИКА»

Виконав: студент 2 курсу, групи 22 м-ім
Спеціальність 208 Агроінженерія
_____ Бойко Олег Сергійович
(прізвище та ініціали)

Керівник _____ Войтік А.В.
(прізвище та ініціали)

Рецензент _____ Березовський А.П.
(прізвище та ініціали)

УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ

Освітній рівень _____ магістр _____
Спеціальність _____ 208 Агроінженерія _____
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ **Войтік А.В.**
“ ____ ” _____ **2022 р.**

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

_____ Бойку Олегу Сергійовичу _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Дослідження технологічного процесу обробки ґрунту в полях плодового розплідника»

керівник роботи _____ Войтік А.В., к.т.н., доцент _____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від

“ 14 ” _____ листопада 20 23 р. № 01-06/261

2. Строк подання студентом роботи _____ 30.11.2023 р. _____

3. Вихідні дані до роботи: фізико-механічні властивості ґрунтів в плодкових розплідниках; існуючі технологічні процеси та технічні засоби для обробітку ґрунту в плодкових розплідниках.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

аналіз існуючих способів та засобів для обробітку ґрунту в полях плодового розплідника, огляд попередніх досліджень з даного питання; визначення функцій роботи систем автоматичного керування на якість виконання операції; перевірка вірогідності прийнятих теоретичних припущень, визначення ряду параметрів висококліренсного культиватора й САВ робочих секцій; розробка заходів з охорони праці; визначення ефективності застосування розробленої машини.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

підготувати ілюстративний матеріал у вигляді презентації (до 15 слайдів) як додаток до доповіді за темою магістерської роботи.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Прокопенко Е.В., доцент		

7. Дата видачі завдання 14 вересня 2022 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	При- мітка
1.	Підбір та вивчення літературних джерел, підготовка вступу	02.10.2022 р.	
2.	Розділ 1. Стан питання та задачі досліджень	02.11.2022 р.	
3.	Розділ 2. Теоретичні дослідження	02.12.2022 р.	
4.	Розділ 3. Експериментальні дослідження	29.01.2023 р.	
5.	Розділ 4. Охорона праці	15.03.2023 р.	
6.	Розділ 5. Техніко-економічна ефективність машини	30.06.2023 р.	
7.	Виконання графічної частини роботи	17.10.2023 р.	
8.	Представлення роботи керівнику на перевірку	20.11.2023 р.	

Студент

(підпис)

Бойко О.С.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Войтік А.В.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Бойко О.С. Дослідження технологічного процесу обробки ґрунту в полях плодового розплідника (Магістерська робота. Умань, Уманський національний університет садівництва, 2023. – 44 с.).

Об'єкт дослідження – технологічний процес та технічні засоби для обробітку ґрунту в плодових розплідниках.

Предмет дослідження – закономірності впливу параметрів системи автоматичного водіння секцій культиватора на показники якості його роботи.

Мета роботи – підвищення ефективності процесу обробітку ґрунту в полях плодового розплідника шляхом обґрунтування параметрів системи автоматичного водіння секцій висококліренсного культиватора.

В роботі написано вступ, дана характеристика та приведено аналіз існуючих конструктивних рішень для обробітку ґрунту в плодових розплідниках. Проведено огляд попередніх досліджень з даного питання.

Визначено вплив конструкцій систем автоматичного водіння на якість обробітку ґрунту. Визначено оптимальні функції роботи САВ. Проведено дослідження по визначенню якісних показників роботи пристрою для обробітку ґрунту в плодовому розпліднику.

Запропоновані заходи з покращення умов охорони праці та довкілля. Визначено показники економічної ефективності від впровадження запропонованого пристрою у виробництво.

Зроблено висновки і пропозиції, складено список використаної літератури, оформлено додатки.

Ключові слова: ґрунт, розплідник, система автоматичного водіння, культиватор, секція, гідропривід.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
Розділ 1. ОБРОБІТОК ҐРУНТУ В ПЛОДОВОМУ РОЗСАДНИКУ	6
Розділ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ҐРУНТУ В ПОЛЯХ ПЛОДОВОГО РОЗПЛІДНИКА	11
2.1. Агротехнічні вимоги до процесу обробки ґрунту в плодovому розпліднику й перспективні технічні засоби для цього процесу ..	11
2.2. Теоретичний аналіз функціонування САВ робітників секцій культиватора	14
Розділ 3. МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	26
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	31
РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ	35
Загальні висновки.....	41
Список використаної літератури.....	43

ВСТУП

Вирощування саджанців представляє складний технологічний процес, що поєднує в собі вирощування підщеп, щеплених саджанців, маточно-живцевих і маточно-насінних садів [1]. Для вирощування підщеп використовуються два істотно відмінних способи: насіннєвий і вегетативний. Відповідно вирощування насінних підщеп – сіянців відбувається в посівному відділенні з насіння, а клонових – у маточнику клонових підщеп. Вирощування щеплених саджанців проводиться на ділянці формування у двох або трьох полях.

Основними блоками технологічних операцій при виробництві саджанців є вирощування підщеп і щеплених саджанців.

Насіннєве розмноження дозволяє одержати рослини, вільні від вірусних хвороб, які звичайно не передаються через насіння й часто зустрічаються в рослин, що розмножуються вегетативно. Посів насіння, як і інші операції вирощування сіянців, легко механізувати; насінний спосіб набагато простіше вегетативного. Однак рослини, вирощені з насіння, мають істотні недоліки. У таких рослин у більшості випадків погіршується якість плодів, вони пізно вступають у плодоносіння. Насіннєві підщепи відрізняються між собою по спадковості, отже, по різному впливають на силу росту й плодоносіння щепленого сорту в саду.

Вегетативне розмноження – це вирощування рослин з вегетативних частин: коріння, стебел, бруньок. При цьому рідко змінюються спадкоємні ознаки у вирощених рослин. Всі ознаки материнської рослини передаються дочірній, тому що при клітинному розподілі виходить точне відтворення хромосомної системи. Тому вегетативне розмноження стало основою вирощування як клонових підщеп, так і промислових сортів плодових порід. Позитивною стороною клонових підщеп є те, що вони забезпечують однакову силу росту щеплених на них сортів, мають однакову сумісність із даним сортом. У маточнику клонових підщеп розмножують середньо- і низькорослі підщепи. Ці типи підщеп одержали найбільше поширення, оскільки є основою створення високоврожайного скороплідного саду інтенсивного типу.

Розділ 1. ОБРОБІТОК ҐРУНТУ В ПЛОДОВОМУ РОЗСАДНИКУ.

В окремих плодорозсадницьких господарствах використовується механізована технологія обробітку ґрунту із застосуванням висококліренсних тракторів і культиваторів. Через їхню практичну відсутність в Україні застосовують трактори загального призначення з культиваторами типу КРН і КОР. І в тому і іншому варіанті залишаються неопрацьованими захисні зони шириною від 0,15 до 0,25 м, що становить, залежно від ширини міжрядь від 33 до 70 % від загальної площі. У цій зоні проводиться, як правило, ручна прополка й розпушування, що приводить до значних трудовитрат до 410...465 люд. год./га протягом сезону вегетації.

Як показує узагальнення передового вітчизняного й закордонного досвіду, з метою зменшення захисної зони при обробленні просапних культур використовують два варіанти водіння ґрунтообробних машин уздовж рядків: 1) по напрямних щілинах (по заданій траєкторії), 2) із застосуванням системи автоматичного водіння (САВ) із чутливими механізмами, що копіюють рослини.

Водіння по напрямних щілинах є основним елементом індустріальної технології оброблення овочевих культур [2, 3]. В Україні над питаннями підготовки рекомендацій із цієї технології працював інститут механізації й електрифікації сільського господарства (І.Ф. Савченко, А.М. Гринь) [4]. Досвід широкого впровадження технології показав, що там, де вона застосовувалася в повній відповідності з агротехнічними вимогами, витрати праці на прополку скорочувалися в 2...3 рази.

Для водіння по напрямних щілинах, нарізаним при посадці (посіві), розроблене пристосування для прополки ППР-5,6, що монтується на просапний культиватор [5]. Воно містить набір робочих органів до культиватора КРН-5,6А (КРН-4,2): щілерізи (рис. 1.1), прополювальні ротори, плоскорізи із прополювальними дисками й інше устаткування. Пристосування дозволяє використовувати індустріальну технологію оброблення просапних культур, в основу якої покладені інтенсивні методи проведення робіт: точність і прямолінійність руху агрегатів при виконанні всіх технологічних процесів за рахунок напрямних щілин у ґрунті, які нарізають щілерізами з одночасним стрічковим внесенням гербіцидів перед посівом (посадкою). Щілини виконують кілька функцій: забезпечують точність копіювання попереднього проходу агрегату при посіві (посадці) і міжрядній обробці, забезпечуючи зниження трудовитрат на прополку;

знижують втомлюваність тракториста й створюють можливість збільшити швидкість руху агрегатів на 40...60 % [4].

Прополювальні пруткові ротори, або плоскорізи із прополювальними дисками дозволяють проводити обробіток в безпосередній близькості від рослин, не ушкоджуючи їхнє коріння. Дослідження, виконані у Всесоюзному НДІ цукрового буряка, показали, що застосування напрямних щілин при обробленні цукрового буряка дозволяє зменшити засміченість посівів в 3...5 разів при зменшенні захисної зони до 40...50 мм [6].

Експлуатація такого пристосування в розсаднику становить практичний інтерес і заслуговує вивчення. Але його рекомендовано використовувати на середніх й важких по механічному складу ґрунтах, де утворюються й зберігаються напрямні щілини протягом тривалого періоду часу [2]. На легких ґрунтах відбувається швидке засипання й запилювання нарізаних щілин. До того ж переміщення культиватора по напрямних щілинах вимагає додаткові енерговитрати, що приводить до підвищеної витрати палива. Для агрегування культиватора потрібен трактор класу не менш 1,4. Тому експлуатація висококліренсного трактора Т-40М класу 0,9 з висококліренсним культиватором КВП-4 і пристосуванням ППР-5,6 неможливе.

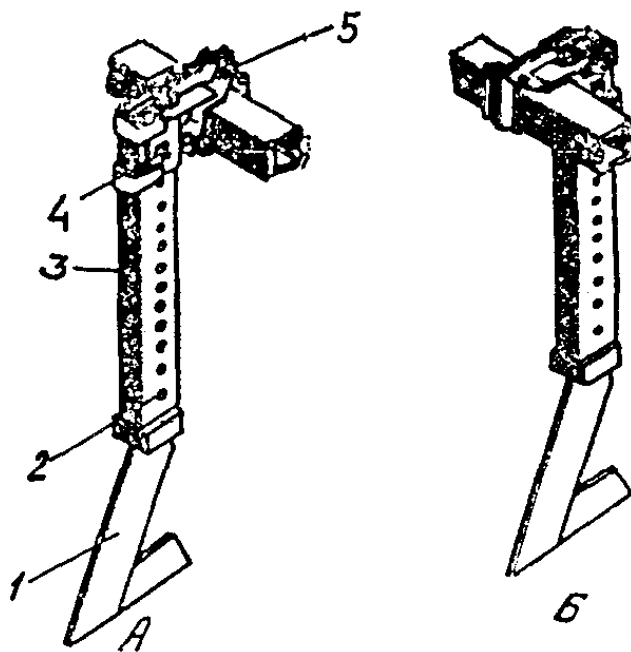


Рисунок 1.1 – Щілеріз пристосування ППР-5,6: А – положення щілеріза при посадці і культивації, Б – положення щілеріза при нарізанні щілин: 1 – ніж, 2, 4 – фіксатори, 3 – стійка, 5 – кронштейн

Варто врахувати, що промислове освоєння виробництва висококліренсних тракторів стримується через незначну їх кількість, необхідну для розсадників. Прогнозована вартість трактора із цієї причини істотно вище базового. Через відсутності висококліренсних тракторів у господарствах застосовують трактори МТЗ-80, ЮМЗ-6Л, Т-25 із просапними культиваторами КРН-4,2 і КРН-2,8. У другій половині літа, коли висота саджанців у другому полі перевищує 1,0...1,2 м, а також весь період вегетації в третім полі, механізована обробка припиняється й, при наявності робітників, проводиться прополка. Отже, використання пристосування ППР-5,6 у маточниках вимагає іншого технологічного підходу, при якому замість традиційного висококліренсного трактора стало б можливим використання звичайних тракторів класу 1,4 і 2, широко розповсюджених і використовуваних у маточниках.

При вирощуванні високорослих просапних культур, наприклад, кукурудзи, на початку 60-х років на півдні України була апробована технологія, що базується на стрічковій схемі посіву. Відстань між стрічками 2,1 м досить для проходу трактора типу "Білорусь" або Т-70С, що агрегатує спеціальний висококліренсний культиватор КВП-6,3, розроблений у ГСКБ заводу "Червоний Аксай" (м. Ростов на Дону) [7]. Такий культиватор обробляє високорослі рослини, розміщені в стрічках. Перша спроба використання такої технології для розсадників була почата в Українському НДІ зрошуваного садівництва, м. Мелітополь, де був застосований стрічковий спосіб вирощування саджанців плодових культур з розміщенням додаткового ряду вирощуваних саджанців чагарникових порід або маточника клонових підщеп [8].

Однак значна складність у виконанні посадки й обробітку ґрунту не дали можливості реалізувати таку технологію у виробничих масштабах. По-перше, для посадки підщеп була застосована саджалка з анкерними сошниками, типу лавандопосадкової машини ЛПМ-4 в 5рядному варіанті, що агрегувалась із трактором ДТ-75 з ходозменшувачем. У цьому варіанті посадки повністю використовується гасова потужність трактора, що виключає можливість застосування напрямних щілерізів пристосування ППР-5,6, що володіють значним тяговим опором. По-друге, обробка ґрунту висококліренсним культиватором без системи точного його водіння уздовж рядів не дає більших переваг перед традиційною технологією через значних захисних зон.

Як уже відзначено, відоме застосування системи автоматичного водіння ґрунтообробних машин уздовж рядків рослин. Для зменшення захисних зон використана система автоматичного керування положенням культиватора з

електроконтактними щупами, що дуже мало навантажують рослину при зіткненні з ним (рис. 1.2).

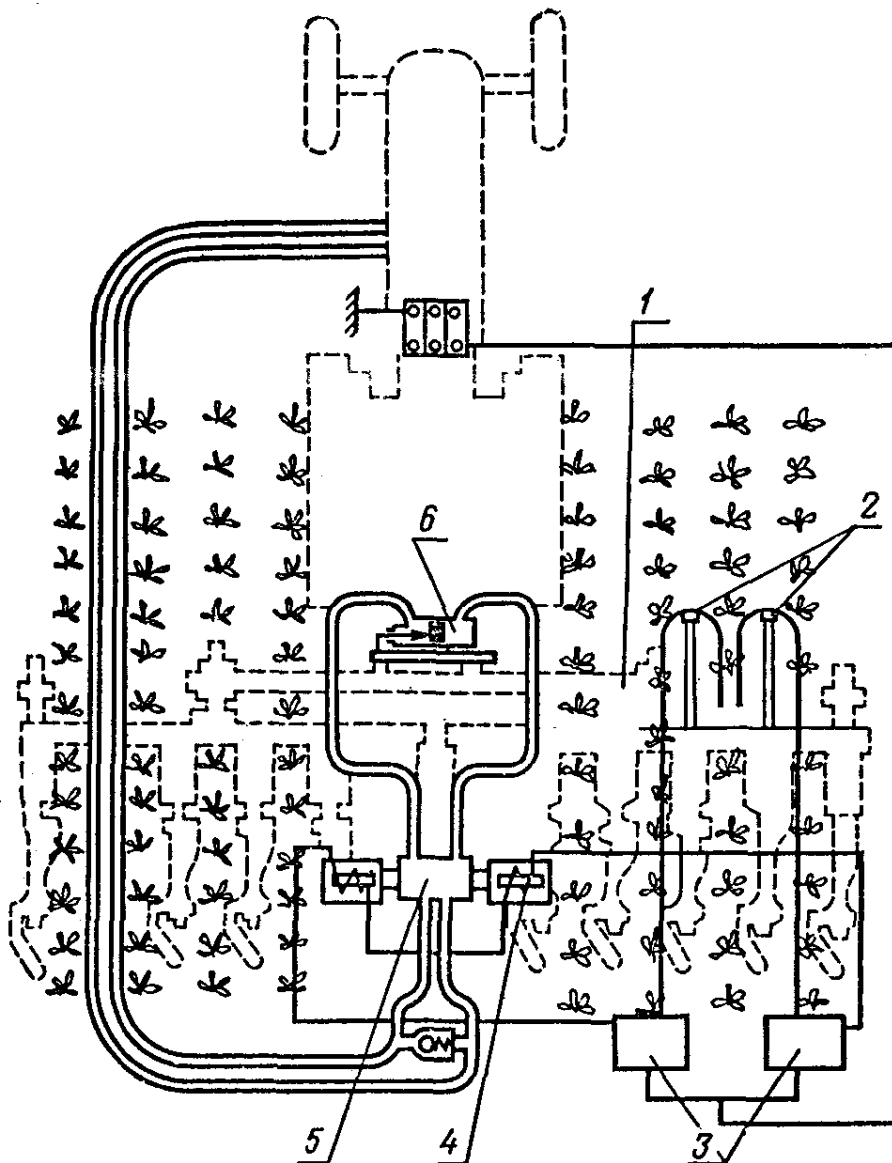


Рисунок 1.2 – Принципова схема автоматичної системи керування положенням робочих органів при культивуванні: 1 – культиватор, 2 – щупи, 3 – підсилювачі сигналу, 4 – електромеханічний перетворювач, 5 – гідро розподільник, 6 – гідроциліндр

Автоматичний пристрій складається із двох електроконтактних щупів 2, двох підсилювачів 3 електричних сигналів і гідророзподільника 5 із двома електромагнітами керування. Щупи розташовані в передній частині культиватора так, що при русі точно в міжряддях вони не торкаються рослин. При відхиленні культиватора від рядка один із щупів торкається рослини й замикає одне із сигнальних електричних кіл. Сигнал, що з'явився, після посилення надходить у відповідну котушку електромагніта керування гідророзподільником 5. До гідроциліндра 6 надходить циркулююче в

гідросистемі трактора масло, відбувається поперечне переміщення культиватора, і його лапи віддаляються від рядка рослин, не ушкоджуючи їх. Як тільки шуп перестане торкатися рослин, переривається подача електричного сигналу й під дією пружин золотник вертається в нейтральне положення. Але низька надійність у роботі, складність використання на просапних культурах не дозволили забезпечити практичне впровадження у виробництво засобів автоматики.

Точність водіння при керуванні тракторним агрегатом вручну протягом робочої зміни поступово знижується, і це приводить до необхідності збільшення захисної зони. Так на зернозбиральному комбайні на початку зміни середньоквадратичне відхилення від напрямку руху досягає 38 мм, у середині зміни 59 мм, а наприкінці 80 мм [9]. При використанні на комбайні автоматичної системи водіння в період всієї зміни це відхилення становить 28 мм, значно поліпшуються умови роботи обслуговуючого персоналу, що забезпечує підвищення продуктивності праці.

Розробки інституту механізації й електрифікації сільського господарства (м. Київ) по автоматизації керування свідчать про те, що сучасні електромеханічні чутливі елементи, у сполученні з генератором електричних імпульсів і електрогідроперетворювачем можуть забезпечити надійну роботу автоматичної системи водіння робочих секцій машини на збиранні кукурудзи [12].

Тому необхідні дослідження з розробки САВ секцій культиватора стосовно обробітку ґрунту в плодovому розсаднику. Проведений аналіз дозволяє зробити висновки про перспективність удосконалення технології ґрунтообробки в плодovому розсаднику з використанням спеціального висококліренсного культиватора, що працює в насадженнях зі стрічковою схемою посадки й агрегатується із звичайними тракторами класу 1,4 і 2. Доцільне дослідження водіння культиватора по напрямних щілинах і з використанням системи автоматичного водіння культиватора.

Розділ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ҐРУНТУ В ПОЛЯХ ПЛОДОВОГО РОЗПЛІДНИКА

2.1. Агротехнічні вимоги до процесу обробки ґрунту в плодovому розпліднику й перспективні технічні засоби для цього процесу

До основних агротехнічних прийомів догляду за насадженнями в черговому полі плодovого розсадника належить боротьба з бур'янами в міжряддях і захисних зонах, що виконується головним чином із застосуванням механічних засобів – культиваторів типу КРН, КОР, які одночасно знищують бур'яни й розпушують ґрунт у міжряддях. Ширина захвата культиватора повинна бути кратна ширині захвата саджалки.

Агротехнічними вимогами передбачається установка робочих органів, що запобігають ушкодженню культурних рослин. Для виключення механічних ушкоджень рослин поперечний брус-рама культиватора повинна розташовуватися на висоті не менш 1,5 м над рівнем ґрунту [24]. Глибина культивації в міжряддях 0,08...0,10 м, у рядах до 0,04 м [25, 26]. Ґрунт розпушують 5-6 разів протягом вегетації, а на поливних ділянках після кожного поливу.

Для міжрядного обробітку ґрунту в другому й третьому полях розсадника, коли висота рослин більше 0,5 м, рекомендується застосовувати висококліренсний культиватор типу КВП-2,8, КВП-4 разом з висококліренсним трактором Т-25К, Т-30К або Т-40М. Відповідно до технологічних карт оброблення плодovого розсадника передбачені ручна прополка й розпушування ґрунту в рядах.

Основний недолік традиційної технології оброблення високорослих саджанців полягає в більших трудовитратах на обробіток ґрунту в рядах до 139 людино-змін на 1 га розсадника, що пов'язане з наявністю захисних зон шириною до 0,2 м і більше, утворених у ході культивації. Недостатня потужність висококліренсних тракторів виключає застосування серійного пристосування ППР-5,6 для обробітку ґрунту в захисних зонах.

Інший, істотний недолік технології, що рекомендується, складність її забезпечення висококліренсними тракторами. Це пов'язане з відносно невеликими площами розсадницьких полів до 2...3 тисяч гектарів в Україні й відповідно з невеликим необхідним обсягом виробництва таких агрегатів, що робить економічно не вигідним випуск такої техніки для заводів виробників. З врахуванням викладеного, а також виходячи із проведеного патентного аналізу нами розроблений спеціальний висококліренсний культиватор для

стрічкової схеми насаджень. Він працює в агрегаті із трактором загального призначення класу 1,4 або 2 [23, 26]. З метою вивчення можливості скорочення ширини захисної зони й зменшення трудовитрат на прополку нами досліджені два технологічних варіанти використання цього культиватора на обробтку ґрунту: із застосуванням ножів, що орієнтують рух культиватора по напрямних щілинах [23]; з використанням системи автоматичного водіння робочих секцій культиватора [9, 10, 27].

Розроблений нами спеціальний висококліренсний культиватор [26] схематично показаний на рисунку 2.1.

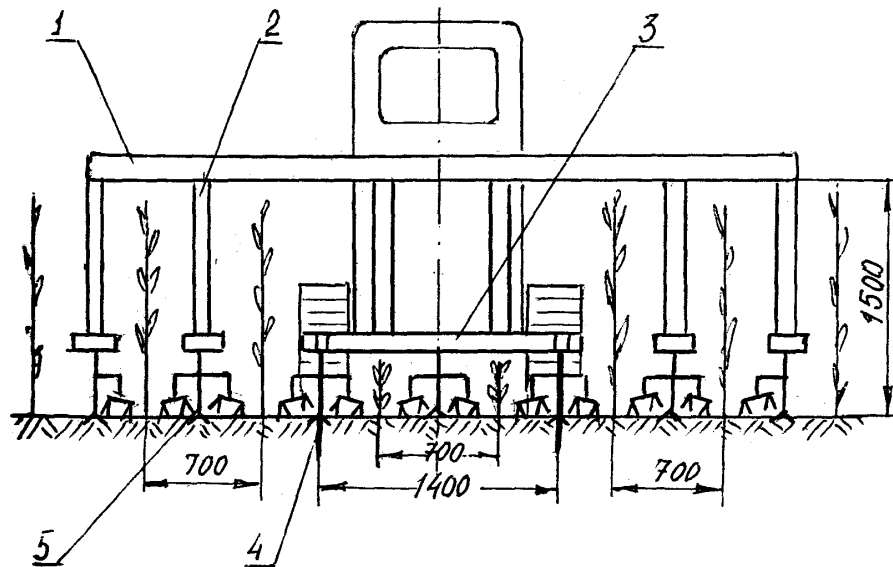


Рисунок 2.1 – Схема висококліренсного культиватора для обробтку ґрунту в плодовому розсаднику при стрічковій схемі посадки: 1 – основний брус-рама, 2 – понижувач, 3 – середня рама, 4 – ніж-щілеріз, 5 – робочі органи

Основний його брус перебуває на висоті 1,5 м, що дає можливість обробляти високорослі рослини. До бруса за допомогою кронштейнів-знижувачів кріпляться чотири робочі секції, ще три секції закріплені на середньому брусі, розміщеному на висоті 0,5 м над рівнем ґрунту. До середнього бруса прикріплені також два ножі-щілерізи пристосування ППР-5,6. Культиватор розрахований на стрічкову схему розсадника $2 \times 0,7 (0,9) + 1,4 + 2 \times 0,7 (0,9)$ м. Основні параметри такого культиватора є число одночасно оброблюваних рядів, робочий захват культиватора й кожної секції, кліренс, швидкість.

Другий технологічний варіант передбачає застосування розробленої нами системи автоматичного водіння (САВ) культиватора. Принципова схема САВ представлена на рисунку 2.2. Ця система включає навішений на трактор тяговий брус 1, рухливий у поперечному напрямку брус 2, культиватори з робочими секціями, з'єднаний із брусом 1 важільним механізмом і

гідроциліндром 3, електрокерований трипозиційний гідророзподільник 4, двосторонній щуп 5 (для виявлення рослин) із вмикачами 6 і 7 електричних сигналів, електронний керуючий пристрій 8, що містить генератор прямокутних імпульсів, два мультівібратори з керованою шириною імпульсу на виході, два логічних елементи І, два підсилювачі потужності й елемент І-НЕ. Щуп складається із двох копіїв 9, установлених шарнірно й незалежно за допомогою паралелограмної підвіски на центральному стрижні щупа, обмежника 10 і розводящих пружин 11.

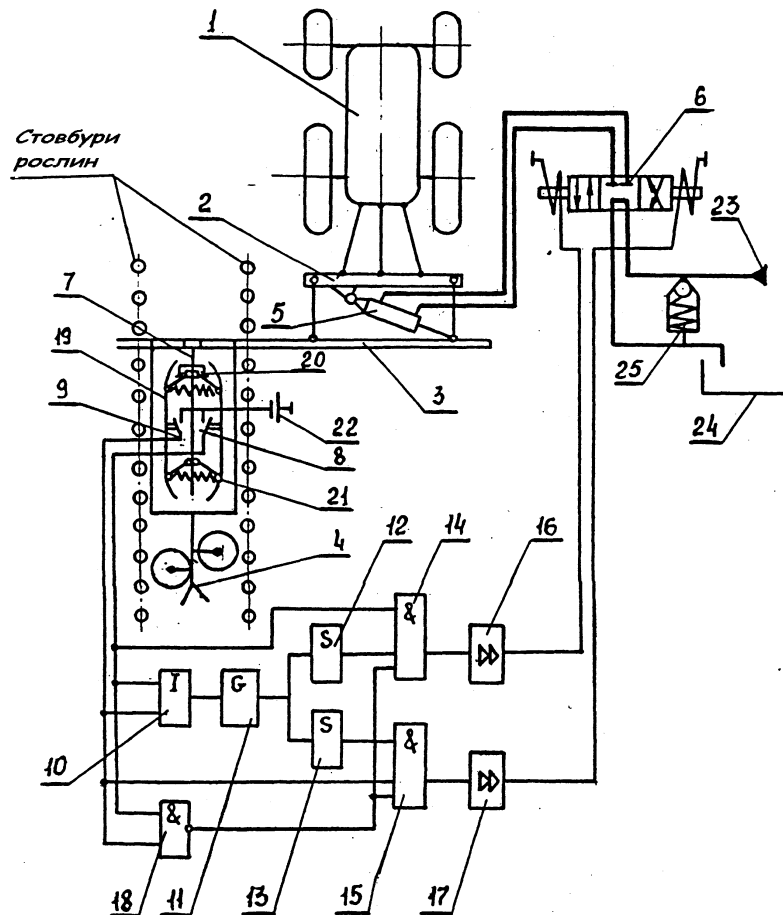


Рисунок 2.2 – Принципова схема САВ робочих секцій культиватора: 1 – трактор, 2 – тяговий брус, 3 – рухомий брус, 4 – робочі органи, 5 – гідроциліндр, 6 – електрогідророзподільник, 7 – двосторонній щуп, 8 і 9 – вмикачі електричних сигналів, 10 – елемент АБО, 11 – генератор прямокутних імпульсів, 12 і 13 – мультівібратори, 14 і 15 – логічні елементи І, 16 і 17 – підсилювачі потужності, 18 – елемент І-НЕ, 19 – копір, 20 – обмежувач, 21 – пружина, 22 – акумулятор, 23 – гідронасос, 24 – бак, 25 – запобіжний клапан

При русі агрегату, у випадку, коли щуп САВ переміщається по центрі міжряддя, копії не торкаються оброблюваних рядів. Переміщення копіїв у поперечному напрямку обмежується упором 10. Регулюванням положення обмежників 10 створюється мінімально припустима зона нечутливості для оброблюваних рослин. При поперечному зсуві культиватора відповідний

копір торкнеться стебла рослини, переміститься на підвісці й замкне вмикач. Електричний сигнал надходить в електронний пристрій на генератор і на регульовані мултивібратори. У результаті формуються імпульсні сигнали, які після посилення надходять у відповідну котушку гідророзподільника. Масло від гідронасоса трактора надходить в одну з порожнин гідроциліндра 3, і рухливий брус із ґрунтообробними секціями приділяється від ряду рослин.

Основними параметрами САВ, підданими вивченню, є: частота імпульсів електричних сигналів n_c , Гц (рад/с), тривалість імпульсного електричного сигналу t_p і відповідне йому поперечне переміщення робочих органів культиватора δ , м (мм) при надходженні одного імпульсу; ширина зони нечутливості двостороннього щупа b_n , м (мм), що визначає відстань між копірами й рівна поперечному переміщенню щупа від центра міжряддя до включення електричного сигналу одним з копіїв; швидкість руху культиватора u_k , м/с; жорсткість пружини копіру C_1 , Н/м.

Головним завданням роботи з даного розділу є дослідження й обґрунтування прийнятих технологічних схем, обґрунтування параметрів висококліренсного культиватора й САВ його робочих секцій.

Для рішення цього завдання передбачалося виконати: 1) теоретичний аналіз функціонування САВ робочих секцій культиватора в плодovому розпліднику; 2) експериментальні дослідження, що включають визначення фізико-механічних властивостей рослин у першому й другому полях плодovого розсадника, стосовно до обробітку ґрунту; перевірку вірогідності теоретичних передумов і визначення ряду параметрів висококліренсного культиватора, а також САВ його робочих секцій, оцінку їхніх якісних показників.

2.2. Теоретичний аналіз функціонування САВ робітників секцій культиватора

Структурна схема автоматичної системи водіння представлена на рисунку 2.3. Вона містить п'ять основних ланок, з'єднаних послідовно:

1. Чутливий елемент, що здійснює вимір відхилення робочих органів культиватора від траєкторії орієнтації. Передаточна функція цієї ланки $W(S)$ чз. На вхід цієї ланки надходить сигнал x у вигляді різниці зовнішнього впливу $F(t)$ і поперечних відхилень L рами культиватора з ґрунтообробними робочими органами. На виході цієї ланки формується електричний сигнал i , що визначає напрямок відхилення культиватора стосовно траєкторії орієнтації.

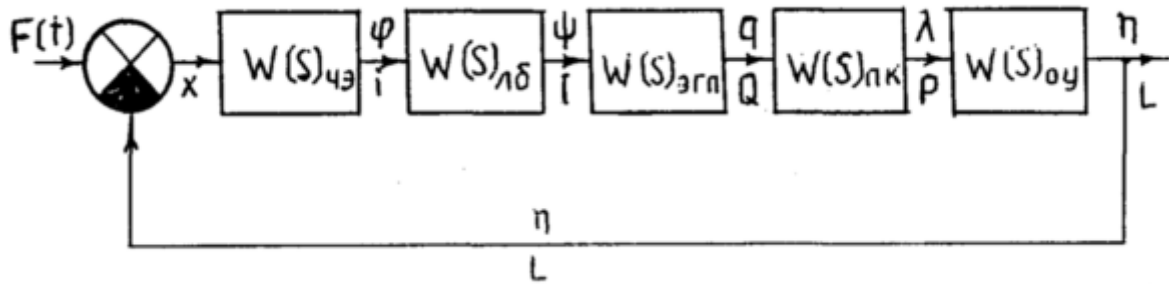


Рисунок 2.3 – Структурна схема автоматичного водіння робочих секцій культиватора

2. Логічний блок. З появою сигналу i він виконує формування імпульсного сигналу I із шириною імпульсу t_n і частотою f_c . Передаточна функція цієї ланки $W(S)_{лб}$.

3. Електрогідроперетворювач перетворить вхідний електричний сигнал I у гідравлічний потік Q . Передаточна функція цієї ланки $W(S)_{эгп}$.

4. Гідравлічний пропускний клапан забезпечує підтримку в гідравлічній системі певного тиску P , чим забезпечується необхідне навантаження. Передаточна функція цієї ланки $W(S)_{пк}$.

5. Об'єкт керування з передатною функцією $W(S)_{оу}$. При подачі до гідроциліндра об'єктом управління потоку робочої рідини с тиском P відбувається поперечний зсув культиватора на величину L .

Вхідні й вихідні величини вимірюються різними одиницями тік, потік робочої рідини й т.д.. Для можливості їхнього порівняння при визначенні передаточних функцій приведемо їх до безрозмірних величин відносних відхилень параметрів від їхнього номінального значення в сталому режимі. Для цього введемо наступні позначення відносних відхилень:

$$L/L_0 = \eta; i/i_0 = \varphi; I/I_0 = \psi; Q/Q_0 = q; P/P_0 = \lambda.$$

Динамічні характеристики ланок системи містять наступне.

1. Чутливий елемент. Перехідна характеристика ланки являє собою графік зміни вихідної величини ланки, викликану подачею на його вхід сигналу x (рис. 2.4-а). Аналітично він характеризується наступними вираженнями

$$\begin{aligned} i &= 0 \text{ при } -b \leq x \leq b; \\ i &= B \text{ при } x \geq b; \\ i &= -B \text{ при } x \leq -b. \end{aligned}$$

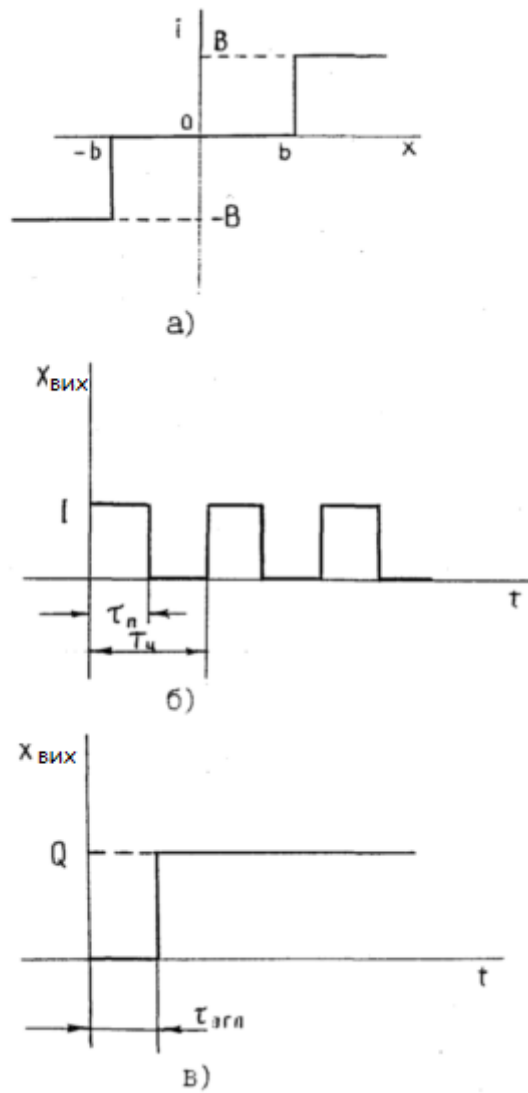


Рисунок 2.4 – Графіки перехідних характеристик: а – чутливого елементу, б – логічного блоку, в - електрогідроперетворювача

Для складання рівняння цієї ланки скористаємося методами гармонійної лінеаризації нелінійних функцій [128].

У результаті одержимо:

$$i = h_s(A)x,$$

де $h_s(A)$ – кутовий коефіцієнт лінеаризованої характеристики,

$$h_s(A) = \left(B \sqrt{x^2 - b^2} \right) / x^2.$$

В операторній формі запису $\varphi = k_1 \cdot \varphi_1$,

де $k_1 = h_s(A) \cdot L_0 / i_0$ – коефіцієнт передачі ланки.

Передаточна функція такої ланки [13]

$$W(S)_{\text{чз}} = k_1, \quad (2.1)$$

2. Логічний блок. Перехідна характеристика логічного блоку представлена на рис. 2.4-б і відповідає імпульсному елементу із прямокутними імпульсами постійної величини. Вона характеризується наступними аналітичними вираженнями

$$x_1 = 1 \text{ при } t < nT_u + \tau_n, \text{ де } n = 0, 1, 2, \dots, n; \quad x = 0 \text{ в інших випадках.}$$

Для такої ланки [29] передаточна функція

$$W(S)_{\text{лб}} = k_2 [1 - \exp(-\tau_n s)] / S, \quad (2.2)$$

де $k_2 = \phi / \phi$; S оператор Лапласа.

3. Електрогідроперетворювач. Графік перехідної функції зображений на рис. 2.4-в. Ця ланка може бути віднесене до ланок із чистим запізнюванням $\tau_{\text{згн}}$ [9]. Передаточна функція такої ланки

$$W(S)_{\text{згн}} = k_3 \exp(-\tau_{\text{згн}} S), \quad (2.3)$$

де $k_3 = \phi / q$.

Тому що $\tau_{\text{згн}}$ дуже мала величина в порівнянні з іншими величинами, що становлять передатні функції, нею можна знехтувати. У цьому випадку $W(S)_{\text{згн}} = k_3$.

4. Перепускний клапан – пропорційна ланка. Зі зростанням навантаження на гідросистему тиск збільшується. Якщо воно перевищить номінальний тиск затягування перепускного клапана, почнеться перепуск частини потоку масла на злив. Співвідношення тиску й подачі масла на цьому етапі роботи приблизно пропорційно. Тому можна записати

$$P = k_{\text{кл}} \cdot Q,$$

де $k_{\text{кл}}$ – коефіцієнт нахилу характеристики зміни подачі Q із зміною тиску P . Перейшовши до відносних величин відхилень P і Q , одержимо

$$q = k_4 \cdot \lambda, \quad (2.4)$$

де $k_4 = k_{\text{кл}} Q_0 / P_0$

З (2.4) слідує, що $W(S)_{ПК} = k_4$.

5. Об'єкт керування. Рівняння об'єкта керування складається з врахуванням того, що зусилля на штоку гідроциліндра дорівнює сумі сил опору переміщенню культиватора в поперечній площині. Відповідно

$$m \cdot d^2 \cdot L / dt^2 + k_{СП} \cdot dL / dt = P \cdot F \cdot K_{ПР}, \quad (2.5)$$

де m – маса переміщуваних вузлів;

$k_{СП}$ – опір робочих органів при поперечному зсуві культиватора;

F – площа поршня гідроциліндра;

$K_{ПР}$ – коефіцієнт приведення зусилля на штоку гідроциліндра до центра мас культиватора.

Переходячи до операторної форми запису й відносних величин відхилень, одержимо

$$n \cdot (T_1 \cdot S^2 + T_2 \cdot S) = k_5 \cdot \lambda, \quad (2.6)$$

де T_1 і T_2 – постійні часу об'єкта керування;

k_5 – коефіцієнт підсилення цієї ланки.

Причому

$$T_1 = m \cdot L_0 / (F \cdot P)_0; \quad T_2 = k_{СП} \cdot L_0 / (F \cdot P)_0; \quad k_5 = k_{ПР}.$$

З (2.6) знайдемо передаточну функцію об'єкта керування

$$W(S)_{oy} = k_5 / (T_1 \cdot S^2 + T_2 \cdot S). \quad (2.7)$$

Передаточна функція замкнутої автоматичної системи водіння, відповідно до наведеної структурної схеми,

$$\Phi(S) = 1 / [1 + W(S)_P], \quad (2.8)$$

де $W(S)_P$ – передаточна функція розімкнутої системи.

Тому що всі ланки системи з'єднані послідовно,

$$W(S)_P = W(S)_{чз} \cdot W(S)_{лб} \cdot W(S)_{зен} \cdot W(S)_{ПК} \cdot W(S)_{ОУ}. \quad (2.9)$$

Підставивши в (2.9) значення передаточних функцій окремих ланок, одержимо

$$W(S)_p = k \cdot \frac{1 - \exp(-\tau_n \cdot S)}{S(T_1 \cdot S^2 + T_2 \cdot S)}, \quad (2.10)$$

де $k = k_1 k_2 k_3 k_4 k_5$,

а передаточна функція замкнутої системи

$$\Phi(S) = \frac{S \cdot (T_1 \cdot S^2 + T_2 \cdot S)}{k \cdot [1 - \exp(-\tau_n \cdot S)] + S \cdot (T_1 \cdot S^2 + T_2 \cdot S)}. \quad (2.11)$$

Для оцінки похибки регулювання нам необхідно перейти від передаточної функції до амплітудної частотної характеристики. Це може бути здійснено, якщо від перетворення по Лапласу перейти до перетворення Фур'є. Для цього оператор S замінимо на $i\omega$. З огляду на те, що $\exp(-\tau_n S) = \cos \omega \tau_n - \sin \omega \tau_n$, одержимо

$$\Phi(i\omega) = - \frac{T_1 \cdot \omega^3 \cdot i + T_2 \cdot \omega^2}{k \cdot (1 - \cos \omega \tau_n) - T_2 \cdot \omega^2 + i \cdot (k \cdot \sin \omega \tau_n - T_1 \cdot \omega^3)}. \quad (2.12)$$

Для визначення амплітуди коливань частотної характеристики у вираженні (2.12) необхідно позбутися від ірраціональності в знаменнику. Для цього вираження (5.12) потрібно привести до векторної форми у вигляді

$$\Phi(i\omega) = M + iN. \quad (2.13)$$

Тоді амплітуда коливань

$$A(\omega) = \sqrt{M^2 + N^2}$$

Виконавши зазначені перетворення, остаточно одержимо

$$\|A(\omega)\| = \left\{ \left[\frac{T_1 \cdot \omega^3 (k - k \cdot \cos \omega \tau_n - T_2 \cdot \omega^2) + T_2 \cdot \omega^2 \cdot (k \cdot \sin \omega \tau_n - T_1 \cdot \omega^3)}{(k - k \cdot \cos \omega \tau_n - T_2 \cdot \omega^2)^2 - (k \cdot \sin \omega \tau_n - T_1 \cdot \omega^3)^2} \right]^2 + \left[\frac{T_1 \cdot \omega^3 (k \cdot \sin \omega \tau_n - T_1 \cdot \omega^3) + T_2 \cdot \omega^2 \cdot (k - k \cdot \cos \omega \tau_n - T_2 \cdot \omega^2)}{(k - k \cdot \cos \omega \tau_n - T_2 \cdot \omega^2)^2 - (k \cdot \sin \omega \tau_n - T_1 \cdot \omega^3)^2} \right]^2 \right\}^{0.5}. \quad (2.14)$$

Вираження (2.14) дозволяє визначити вплив параметрів і характеристик автоматичної системи водіння на показники її роботи, що дає можливість оптимізувати їхнє значення. Тому що показники роботи системи автоматичного водіння поліпшуються зі зменшенням амплітуди коливань $A(\omega)$, оптимальними будуть параметри, при яких величина $A(\omega)$ має

мінімальне значення. Для приклада на рис.5.5 показаний вплив тривалості імпульсу τ_n на амплітуду коливань при різній частоті подачі імпульсів електричних сигналів. У вираження (2.14) входять гармонійні функції синуса й косинуса параметра τ_n . Відповідно графіки мають чітко виражені мінімуми, по яких і можуть бути визначені діапазони оптимальних значень розглянутих параметрів. Так бажано мати більші частоти подачі імпульсів сигналів $n_c = 1,3$ Гц при малій тривалості імпульсів $\tau_n = 0,2$ с.

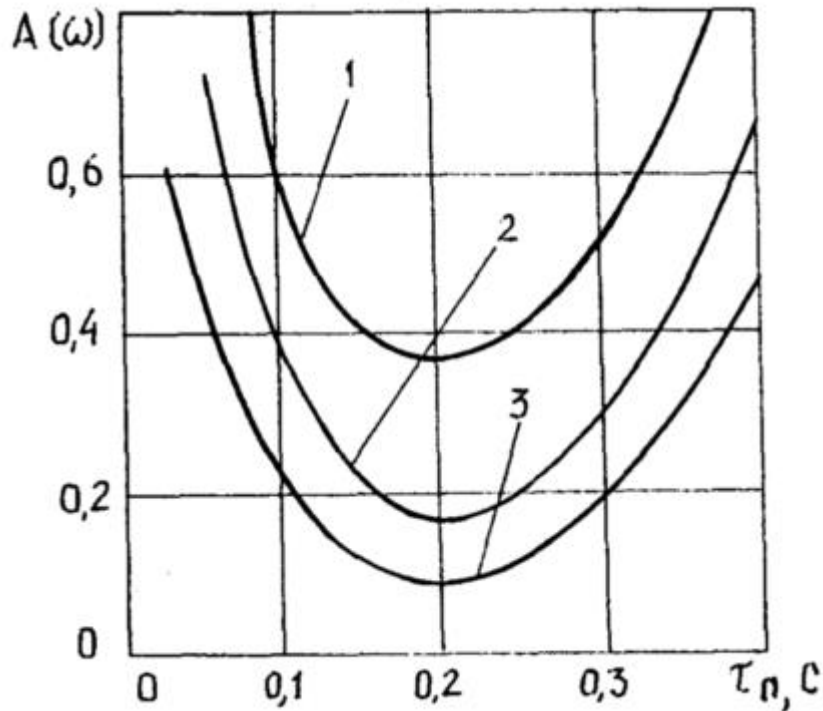


Рисунок 2.5 – Графіки аналітичної залежності амплітуди коливань від тривалості імпульсу сигналів та їх частоти: 0,9 Гц (1); 1,1 Гц (2); 1,3 Гц (3)

Виконаємо аналіз взаємодії копіру з рослиною для визначення основних параметрів шупа: маси копіру й зусилля притискної пружини, що забезпечує контакт копирів з рослинами. Попередньо поставимо до копирів чутливого елемента наступні вимоги: 1. Для забезпечення високої точності водіння робочих органів повинні бути виключені коливання копіру щодо штамба підщепи. 2. Деформація (прогин) рослини повинна бути мінімальною як для запобігання механічного травмування рослини, так і для підвищення точності водіння.

Розглянемо окремо переміщення копіру при контакті з рослиною й деформацію останньої під впливом копіру. У процесі руху тракторного агрегату відбувається взаємодія копіру із черговою рослиною, що повторюється через певні проміжки часу. Зробимо допущення про те, що така короткочасна дія сил відбувається через однакові проміжки часу у зв'язку з однаковою відстанню в ряді між рослинами. У цьому випадку скористаємося

поданням про миттєві імпульси й зведемо завдання до дослідження періодичних, рівних один одному миттєвих імпульсів [130]. Рішення аналогічного завдання, виконане Я.Г. Пановко й І.І. Губановою [130], дозволяє зробити висновок про те, що для виключення коливань копіру, що порушують роботу чутливого елемента, доцільний режим, що характеризується співвідношенням

$$\omega_k / P_k = 1,5 \dots 3,0, \quad (2.15)$$

де ω_k – кутова частота прикладення імпульсів;
 P_k – власна частота коливання копіру;

$$P_k = \sqrt{c_1 / m_k}; \quad (2.16)$$

C_1 – коефіцієнт твердості пружини копіру;
 m_k – маса копіру.

Кутова частота прикладення імпульсів визначається як

$$\omega_k = 2\pi \cdot U_k / L_p, \quad (2.17)$$

де L_p – відстань між рослинами в ряді.

Скориставшись рівностями (2.16) і (2.17), проаналізуємо залежність кутової частоти прикладення імпульсів і власної частоти коливань копіру від коефіцієнта жорсткості пружини, швидкості руху САВ і маси копіру. На рисунку 2.6 зазначені залежності представлені у вигляді графіків. Кутова частота прикладення імпульсів зростає від 8...14 до 26...40 с⁻¹ зі збільшенням поступальної швидкості руху від 0,4 до 1,25 м/с при зміні відстані в ряді між рослинами від 0,3 до 0,2 м. Власна частота коливань копіру зменшується від 20...31 до 10...16 с⁻¹ з ростом маси копіру від 0,05 до 0,2 кг при $C_1 = 20 \dots 50$ Н/м. При цьому меншому значенню коефіцієнта жорсткості відповідає менше значення частоти. Звідси можна зробити висновок про те, що для забезпечення робочої швидкості 1,0...1,3 м/с, (при відстані в ряді $L_p = 0,25$ м і з огляду на умову рівності 5.17), варто мати пружину копіру з коефіцієнтом C_1 20...50 Н/м.

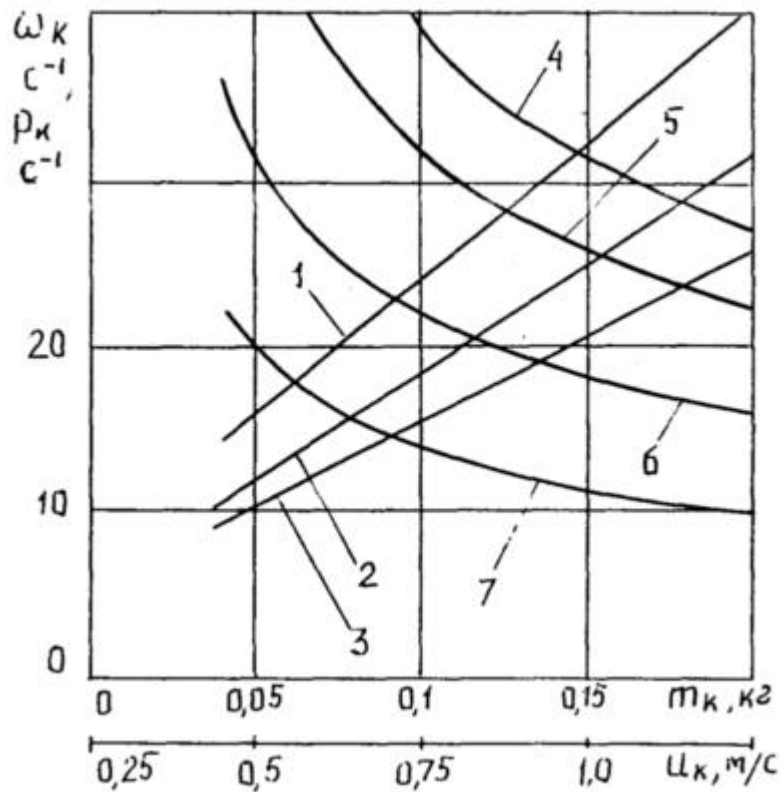


Рисунок 2.6 – Залежність кутової частоти прикладення імпульсів ω_k від швидкості руху агрегату при різній відстані L_p між рослинами в ряду: 0,2 м (1); 0,25 м (2); 0,3 м (3). Залежність власної частоти коливань P_k копіра від його маси m_k для різного коефіцієнта жорсткості C_1 пружини: 150 (4); 100 (5); 50 (6) і 20 Н/м (7)

Розглянемо деформацію рослини при впливі на неї копіру масою m_k , рис. 2.7. Прийнемо припущення, що підщепа є однорідним стрижнем, жорстко затисненим у ґрунт. Копір контактує з ним на висоті H_p від рівня ґрунту. Для визначення залежності деформації рослини від режимних параметрів копіру скористаємося енергетичним методом оцінки коливань [31]. Розглянемо деформовану рослину як точкову масу, підпружинену зусиллям стиску із жорсткістю C_2 .

$$0,5m_k \cdot v_k^2 = 0,5 \cdot C_1 \cdot x_f^2 + 0,5 \cdot \tilde{N}_2 \cdot f^2, \quad (2.18)$$

де v_k – нормальна складова швидкості переміщення носка (початкової ділянки) копіру;

x_n – деформація розтягання пружини копіру із жорсткістю C_1 ;

f – прогин рослини в зоні контакту з копіром.

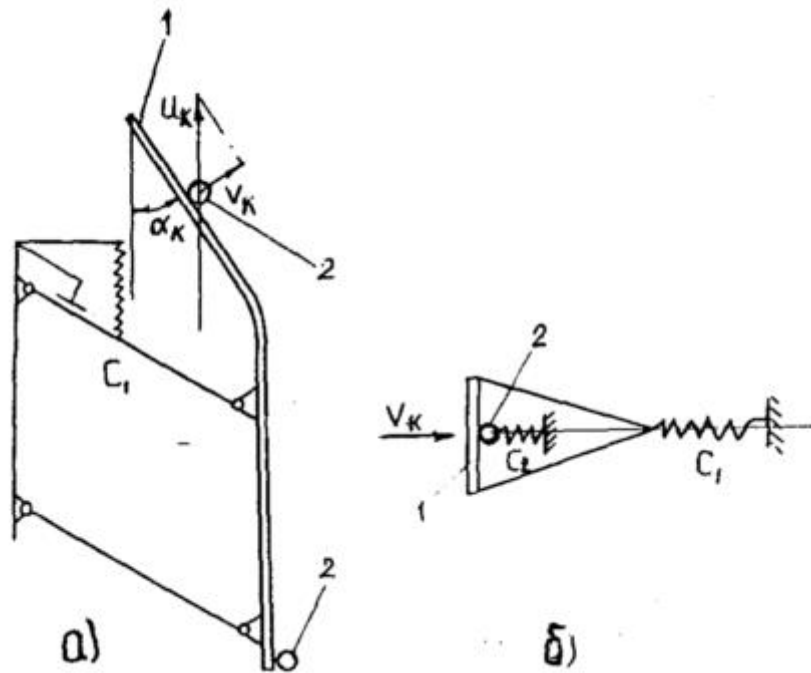


Рисунок 2.7 – Схема взаємодії копіра з рослиною: а – вид в плані; б – принципова схема взаємодії в початковий період деформації: 1 – копір, 2 – рослина

Нормальна складова швидкості визначиться як: $v_k = u_k \cdot \operatorname{tg} \alpha_k$,
де α_k – кут установки носка копіра до поздовжнього напрямку.

Коефіцієнт жорсткості C_2 визначається як [38]

$$C_2 = 3EI / H_p^3,$$

де E – модуль пружності рослини;

I – момент інерції поперечного перерізу рослини.

У момент максимальної деформації пружини копіра й рослини має місце рівність:

$$3fEI / H_p^3 = C_1 \cdot x_{II},$$

Звідки

$$x_{II} = 3fEI / (C_1 \cdot H_p^3). \quad (2.19)$$

З врахуванням (2.18) і (2.19) визначаємо для реального динамічного впливу копіра на підщепу величину поперечного прогину f_∂ підщепи [104] як:

$$f_\partial = 2H_p^3 \cdot U_k \cdot \operatorname{tg} \alpha_k \cdot \sqrt{\frac{C_1 \cdot m_k}{3EI \cdot (C_1 \cdot H_p^3 + 3EI)}}. \quad (2.20)$$

Аналіз цієї залежності виконаний з використанням графіків, показаних на рисунках 2.8 і 2.9. На рисунку 2.8 представлена залежність динамічного згину рослин з різним діаметром: 5, 6 і 7 мм від нормальної складової v_k швидкості переміщення копіру; а також залежність цієї складової від кута α_k установки носка копіру (див. рис. 5.7) для різних робочих швидкостей культиватора. Постійними тут є $m_k = 0,01$ кг і $C_1 = 50$ Н/м. Зменшення кута з 30° до 15° дає можливість зменшити складову v_k від $0,43...0,75$ до $0,2...0,34$ м/с. Скорочення цієї складової дозволяє зменшити деформацію підщепи, наприклад, для $d = 5$ мм від 8 до 4 мм, для $d = 6$ мм від 4 до 1,8 мм.

Представлена на рисунку 2.9 залежність f_d від коефіцієнта жорсткості пружини C_1 для копіру з різною його масою m_k дає можливість зробити висновок про тенденцію зниження згину рослин зі зменшенням коефіцієнта жорсткості пружини. Так, зменшення коефіцієнта від 30 до 10 Н/м при $m_k = 0,1$ кг знижує деформацію від 6 до 3,5 мм для підщепи діаметром 5 мм при $v_k = 0,34$ м/с. Така ж тенденція проявляється при зменшенні маси копіру. Її зменшення від 0,15 до 0,03 кг при $C_1 = 20$ Н/м дозволяє знизити деформацію від 5 до 2 мм. Та сама деформація досягається при збільшенні маси копіру з одночасним зменшенням коефіцієнта твердості пружини.

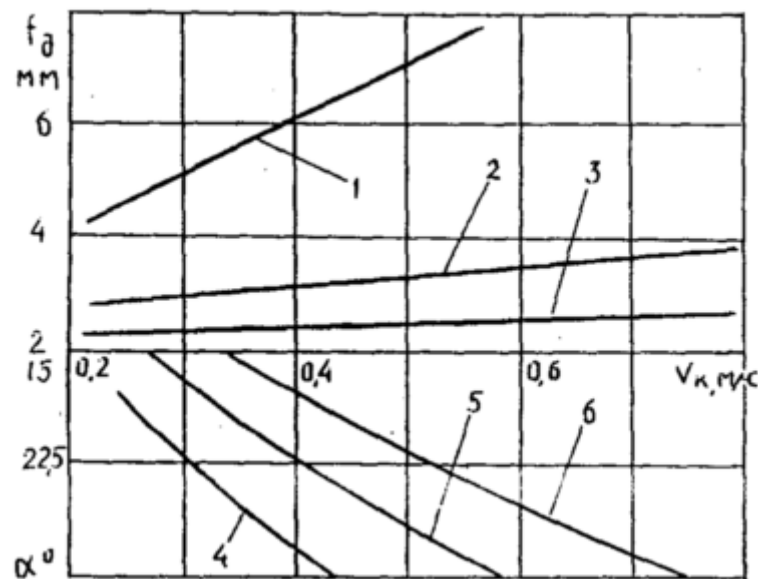


Рисунок 2.8 – Номограма залежності динамічного згину f_d від нормальної складової швидкості переміщення v_k носка копіра для підщеп діаметром: 5 мм (1); 6 (2) і 7 мм (3) і залежності складової v_k від кута α_k для швидкостей руху культиватора: $u_k = 0,75$ (4); 1 (5) і 1,25 м/с (6)

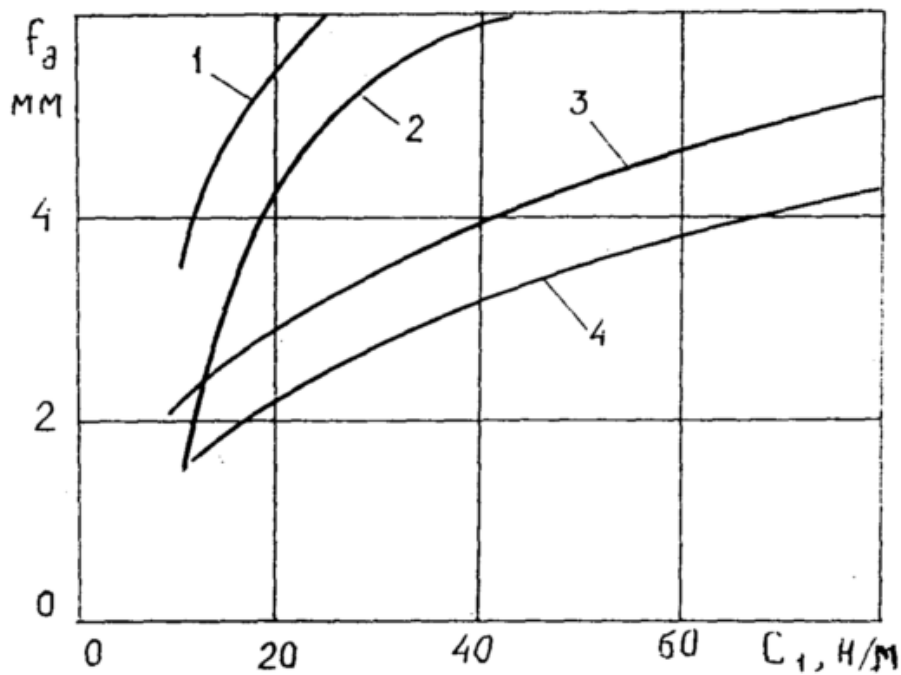


Рисунок 2.9 – Залежність динамічного згину f_d підщепи від коефіцієнту жорсткості C_1 пружини для копіра масою m_k : 0,15 кг (1); 0,1 (2); 0,05 (3) і 0,03 кг (4) при $d = 5$ мм і $v_k = 0,34$ м/с

Таким чином, аналіз структурної схеми САВ культиватора дозволив визначити вплив параметрів і характеристик автоматичної системи водіння на показники її роботи. Показники роботи САВ поліпшуються зі зменшенням амплітуди коливань, її частотної характеристики. Доцільне використання більших частот подачі імпульсів сигналу $n_c = 1,3$ Гц при малій їхній тривалості $\tau_n = 0,2$ с. Для усталеної роботи чутливого елемента шляхом виключення коливань копіру щодо рослин необхідно певне співвідношення $\omega_k/P_k = 1,5...3,0$. Для зменшення деформації рослини при збільшенні поступальної швидкості копіру необхідно знизити нормальну складову швидкості переміщення копіру за рахунок зменшення кута установки носка копіру. Аналогічний ефект забезпечується при зменшенні жорсткості твердості пружини й маси копіру.

Розділ 3. МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Ціль експериментальних досліджень – перевірка вірогідності прийнятих теоретичних припущень, визначення ряду параметрів висококліренсного культиватора й САВ робочих секцій, а також оцінка якісних показників обробітку ґрунту в розпліднику.

При проведенні досліджень по пунктах 3 і 4 програми використовувалися лабораторно-польовий і макетний зразки САВ, рис.3.1. Їхня принципова схема відповідає рисунку 5.2. Всі сім робочих секцій культиватора переміщаються в поперечному напрямку за допомогою важільного паралелограмного механізму з гідروциліндром, з'єднаним з гідросистемою трактора. Як робочі органи, крім стандартних лап культиватора КРН-4,2, використані пруткові прополювальні ротори, плоскорізи із прополювальними дисками пристосування ППР-5,6, а також рядкові прополювальні борінки із пружинними зубами КЛТ-38, що дозволяє виконувати обробітку ґрунту поблизу штабів рослин, не ушкоджуючи їх коріння.

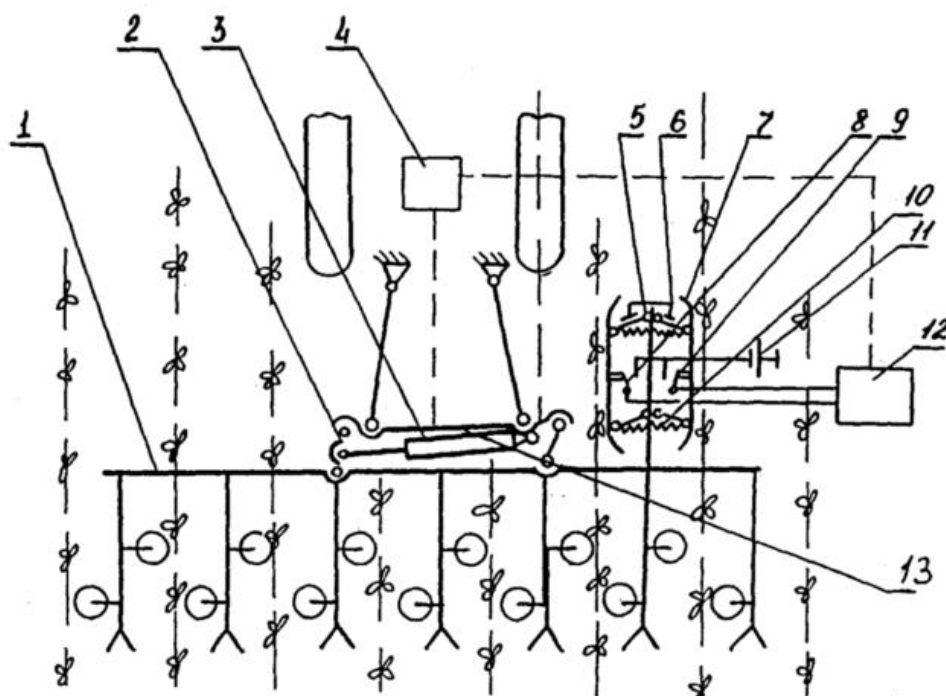


Рисунок 3.1 – Технологічна схема автоматичного водіння культиватора: 1 – брус культиватора, 2 – важільний паралелограмний механізм, 3 – гідроциліндр, 4 – електрогідроперетворювач, 5 – двосторонній шуп, 6 – упор, 7 – копір, 8 і 9 – вмикачі сигналів, 10 – пружина, 11 – акумулятор, 12 – електронний керуючий пристрій, 13 – тяговий брус

Параметри лабораторно-польового зразка САВ визначені нами на підставі результатів теоретичного аналізу процесу ними виконуваного.

Технічна характеристика лабораторно польового зразка САВ: 1) характеристика копіру: маса 0,15 кг, коефіцієнт жорсткості пружини 40 Н/м, попередній натяг пружин – 1,2 Н; 2) межі регулювання відстані між копірами 0,45...0,65 м; 3) межі регулювання зони нечутливості 0,03...0,07 м; 4) межі регулювання імпульсів електросигналів: по частоті 0,7...1,3 Гц; по тривалості, що відповідає імпульсному поперечному переміщенню робочих органів 0,016...0,03 м; 5) виліт копирів перед робочими органами культиватора 1,2 м; 6) повний поперечний хід робочих органів культиватора 0,3 м (тип гідроциліндра для переміщення робочих органів ЦС-100); 7) ширина робочого міжряддя 0,7 м; 8) агрегатування із тракторами класу 1,4 і 2.

Макетний зразок САВ відрізняється від лабораторно-польового зразка фіксацією частоти імпульсів електросигналів 1,2 Гц і імпульсним переміщення робочих органів 17 мм, а також звуженням зони нечутливості до 30...50 мм.

Визначення жорсткості підщеп виконувалося шляхом виміру стріли їхнього прогину при впливі поперечного зусилля, що фіксувалося динамометром зі спеціальним захватом. У дослідах, які проводили в першому й другому полях плодового розсадника, висота прикладеного зусилля P_n становила $H_p = 0,075$ м від рівня ґрунту, що відповідало висоті контакту копіру САВ. Жорсткість визначалася з рівності:

$$EI = PH_p^3(3f). \quad (3.1)$$

При встановленні залежності середньоквадратичного відхилення секції культиватора до осі оброблюваного міжряддя, а також довірчої ймовірності роботи із захисними зонами обробітку 0,04 і 0,05 м від частоти сигналів, імпульсного зсуву, швидкості руху й ширини зони нечутливості, згадані параметри варіювали в межах: $n_c = 0,7...1,3$ Гц; $\delta = 16,9...29,6$ мм, що відповідає тривалості сигналу $\tau_n = 0,2...0,35$ с; $u_k = 0,46...1,27$ м/с; $b_n = 30...70$ мм.

Досліджувані залежності визначені у вигляді полінома другого ступеня згідно методики математичного планування. Для реалізації дослідів був узятий чотирифакторний трирівневий план другого порядку [11-15]. Значення вибірових оцінок коефіцієнтів регресії визначалися на ЕОМ ЕС-1035.

Оцінка середньоквадратичного відхилення секції культиватора від осі оброблюваного міжряддя σ нами виконувалася з використанням класифікатора, що фіксує за допомогою підпружиненого щупа, що торкається рослин, дискретно із проміжком 6,7 мм, кількість відповідному кожному діапазону поперечних відхилень гряділя, рис. 3.2. Кожний дослід проводився на довжині гонів 200 м у першому й другому полях розсадника. Перевірка гіпотези нормальності розподілу випадкової величини σ виконувалася по обчисленій асиметрії q_1 і ексцесі q_2 . Ці значення рівнялися з гіпотетичними середньоквадратичними відхиленнями δ_1 і δ_2 [14].

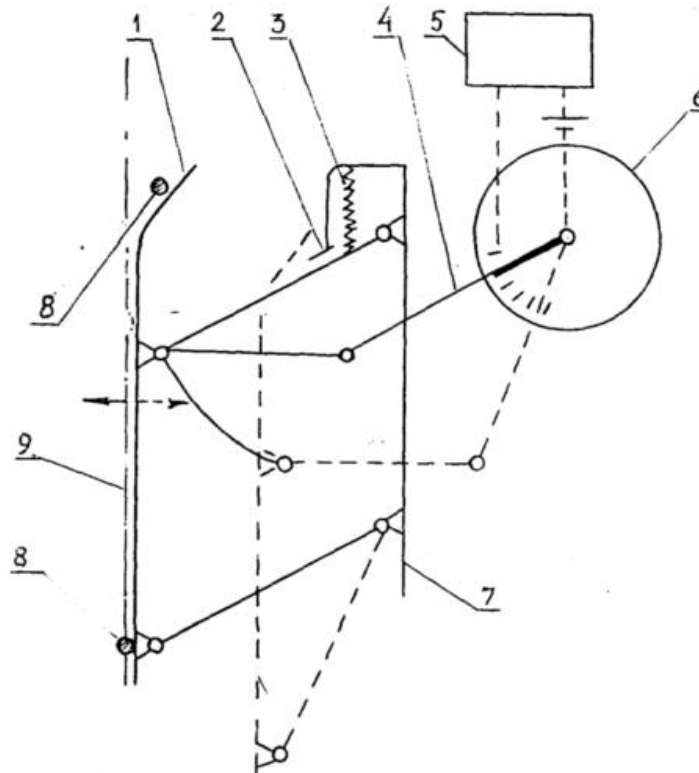


Рисунок 3.2 – Схема класифікатора поперечних відхилень секцій культиватора: 1 – копір з паралелограмною підвіскою, 2 – упор, 3 – пружина, 4 – важіль замикання контактів, 5 – електророзподільник тривалості замикання контактів, 6 – блок електричних контактів, 7 – рама

Умовою нормального розподілу є дотримання нерівностей:

$$q_1 < \delta_1 \text{ и } q_2 < \delta_2$$

Для оцінки точності й надійності процесу обробітку із заданою захисною зоною розглянута довірна ймовірність того, що встановлена в ході досліджень захисна зона достатня для виключення ушкоджень рослин робочими органами культиватора. Із цією метою використана відома з теорії

ймовірностей оцінка довірчого інтервалу (довірчої захисної зони), що відповідає довірчій ймовірності β [13]. З економічних і агротехнічних міркувань нами прийняті дві доцільні захисні зони: 40 і 50 мм, для яких і визначалася довірча ймовірність.

Фізико-механічні властивості рослин стосовно до обробітку ґрунту з використанням висококліренсного культиватора представлені в таблиці 3.1.

У таблиці уведені позначення: D – діаметр рослини в основі, H – висота рослини, EI – жорсткість рослини на висоті 75 мм від ґрунтової поверхні. Тут m – середнє арифметичне значення показника, σ – середньоквадратичне його відхилення, ν – коефіцієнт варіації показника.

Таблиця 3.1

Фізико-механічні властивості рослин у плодovому розпліднику стосовно до обробітку ґрунту (яблуня).

Статистичні характеристики	Характеристики рослин						
	Перше поле після посадки			Друге поле в кінці вегетації		Третє поле в кінці вегетації	
	D , мм	H , мм	EI , $H \cdot \text{мм}^2$	D , мм	H , мм	D , мм	H , мм
m	7,4	150	$4 \cdot 10^5$	12	1280	16	1420
σ	1,1	10,3	$1,2 \cdot 10^5$	1,3	124	1,7	210
ν	15	6,7	30	10,8	9,7	10,6	14,7

З врахуванням середньоквадратичного відхилення показників з наведених даних видна динаміка росту збільшення діаметра з 4 до 21 мм і висоти від 120 до 2050 мм. При цьому до кінця вегетації в другому полі плодovого розсадника висота досягає 1650 мм, що визначає необхідність застосування висококліренсного культиватора.

Жорсткість підщеп для їхнього середнього діаметра 7,4 мм становить $4 \cdot 10^5$ Н·мм². Відповідно до програми досліджень визначені залежності жорсткості підщеп яблуні, груші й вишні від їхнього діаметра. Ці залежності представлені графіками на рис. 3.3. Для різних типів підщеп тенденція росту їхньої жорсткості зі збільшенням діаметра та сама. При збільшенні діаметра підщеп від 4...5 до 8 мм жорсткість зростає з $2 \cdot 10^5$ до $4 \cdot 10^5$... $6,5 \cdot 10^5$ Н·мм². Ці дані використані при аналізі взаємодії копіру з рослинами.

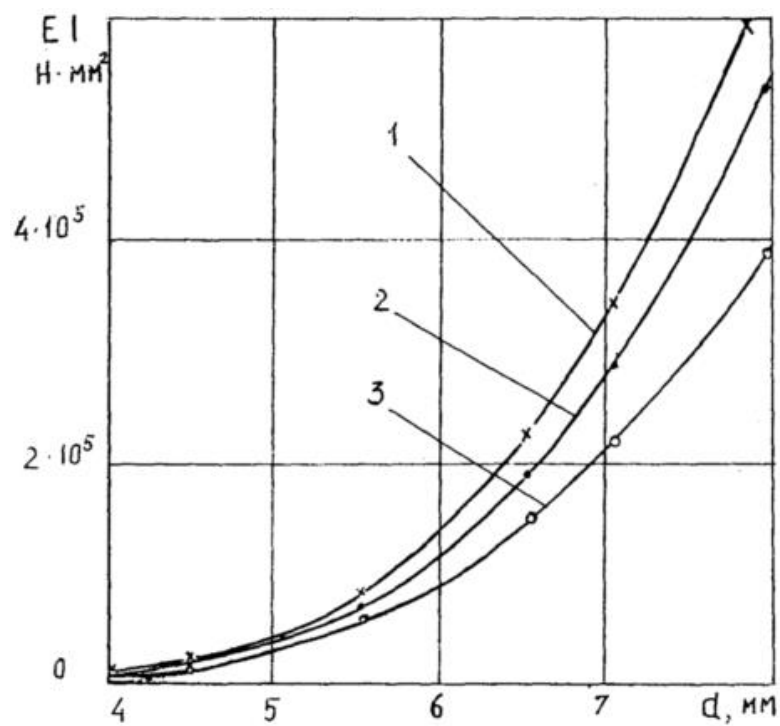


Рисунок 3.3 – Залежність жорсткості підщеп EI від їх діаметра d : 1 – груша, 2 – вишня, 3 – яблуна

Розділ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

Вимоги безпеки під час обробітку ґрунту, сівби, садіння сільськогосподарських культур

Польові роботи – це напружений етап річного циклу агропромислового виробництва. У цей час значно зростають обсяги та інтенсивність виконання відповідних технологічних операцій, пов'язаних із посівною кампанією, зокрема, зростає кількість осіб, що беруть участь у виробництві, збільшується кількість задіяної техніки та працівників, тривалість сільськогосподарських робіт протягом доби тощо. Усе це пов'язано із великою кількістю травмонебезпечних ризиків та об'єктивно збільшує вірогідність травматизму, особливо при недотриманні вимог нормативно-правових актів з охорони праці та промислової безпеки і внаслідок неналежної організації робіт. Тому Станично-Луганське відділення управління виконавчої дирекції Фонду соціального страхування України у Луганській області нагадує роботодавцям та працівникам підприємств району, які задіяні у сільськогосподарському виробництві, про вимоги безпеки під час обробітку ґрунту, сівби, садіння сільськогосподарських культур.

Вимоги безпеки під час виконання робіт у сільськогосподарському виробництві регламентують Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві, затверджені наказом Міністерства соціальної політики України від 29.08.2018 № 1240, зареєстровані у Міністерстві юстиції України 21.09.2018 за № 1090/32542 (НПАОП 01.0-1.02-18); Правила охорони праці під час технічного обслуговування та ремонту машин і обладнання сільськогосподарського виробництва, затверджені наказом Міністерства праці України від 30.11.2001 № 512 (НПАОП 01.41-1.01-01).

Під час обробітку ґрунту, сівби, садіння сільськогосподарських культур можуть діяти **небезпечні і шкідливі виробничі фактори**, що може призвести до нещасного випадку:

- зовнішні метеорологічні фактори (вітер, опади, гроза, сонячна радіація, низька або висока температура зовнішнього повітря, ожеледиця тощо);
- неправильні режими роботи технологічних систем;
- транспорт, що рухається;
- машини і механізми технологічних систем для обробітку ґрунту;
- рухомі агрегати і машини: причіпні (навісні) пристрої, робочі органи тощо;
- інженерні комунікації;

- устаткування, що працює під тиском;
- електрифіковане устаткування, інструмент і електропроводка;
- ручні роботи, що викликають фізичні і нервово-психічні перевантаження.

Вимоги безпеки під час обробітку ґрунту, сівби, садіння

1. Завантаження сівалок і садильних машин насінням, садильним матеріалом та добривами повинно бути механізованим. Ручне завантаження допускається лише за умови зупинення посівного або садильного агрегату та вимкнення двигуна трактора.

2. Машини повинні бути укомплектовані необхідними засобами для очищення робочих органів. Очищення або технологічне регулювання робочих органів на агрегаті, що рухається, або при працюючому двигуні забороняється.

3. Не дозволяється перебування працівників у кузові автомашини або тракторного причепа під час заповнення їх технологічним продуктом, а також під час транспортування продукту до місця складування.

4. Перед початком руху агрегату, ввімкненням гідросистеми або валу відбору потужності трактора необхідно подати сигнал (отримати зворотній сигнал, якщо агрегат обладнано засобами двосторонньої сигналізації), впевнитися, що це нікому не загрожує, і тільки після цього виконувати необхідні дії.

5. Заглиблення робочих органів повинно виконуватися тільки на ходу агрегату. Керувати робочими органами, а також переводити їх в робоче або транспортне положення необхідно тільки з кабіни трактора.

6. При роботі на тракторі з навісною машиною не дозволяється її піднімати з увімкненим валом відбору потужності і вмикати вал відбору потужності при транспортному положенні машини (знаряддя).

7. Зчеплення та навішування машин і обладнання на трактор необхідно виконувати удвох. Працівник, який здійснює зчеплення (навішування), не повинен стояти на шляху руху трактора, а зчеплення починати тільки після сигналу тракториста. З'єднувати причіпну сергу з причіпним пристроєм машин потрібно тільки при зупиненому тракторі і вимкненій передачі.

8. Не дозволяється залишати без нагляду ґрунтообробувальний агрегат з увімкненим двигуном трактора. При тривалій зупинці агрегату необхідно його загальмувати, опустити робочі органи і вимкнути двигун.

9. При аварійній ситуації необхідно негайно зупинити агрегат, загальмувати й вимкнути двигун трактора.

10. В процесі роботи агрегату необхідно періодично перевіряти надійність причіпки (навіски) причіпної машини, кріплення і роботу робочих органів.

11. Заправляти машину, замінювати, регулювати й очищати робочі органи від зайвих предметів, земляних глиб, налиплого ґрунту і залишків рослин необхідно тільки при зупиненому агрегаті, опущених робочих органах та в рукавицях із застосуванням спеціальних засобів для очищення (скребки) при вимкненому двигуні трактора.

12. Сівальник під час виконання робіт повинен бути одягнений у спецодяг, спецвзуття, використовувати засоби індивідуального захисту (захисні окуляри, респіратор).

13. При виявленні вибухонебезпечних предметів (снарядів, мін, гранат тощо) всі роботи на ділянках повинні бути негайно призупинені, межі ділянки позначені попереджувальними знаками «Обережно! Небезпека вибуху». На ділянці повинна бути організована охорона, а в органи МНС необхідно негайно передати повідомлення.

14. На ділянках полів і доріг, над якими проходять повітряні лінії електропередач (ЛЕП), проїзд і робота машин дозволяється у разі, коли відстань від найвищої точки машини чи вантажу на транспортному засобі до проводу не менше:

15. Під час обробітку ґрунту, сівби, садіння, **забороняється:**

- заміна, регулювання та очищення робочих органів машин при ввімкненому двигуні трактора;
- перебування людей у зоні можливого руху маркерів або навісних машин при розвороті машинно-тракторних агрегатів;
- одночасне обслуговування одним працівником двох або більше сівалок під час руху агрегату;
- заміна, очищення та регулювання робочих органів навісних машин і знарядь, які перебувають у піднятому стані, дозволено після вжиття заходів, що запобігають їх самовільному опусканню;
- експлуатація машин без передбачених конструкцією огорож рухомих елементів;
- підніматися або спускатися з машин під час їх руху;
- сівальнику працювати на навісних сівалках;
- сівальнику під час руху агрегату переходити з сівалки на сівалку, сидіти на насінневих ящиках, працювати при знятих огорожах, очищати руками робочі органи;
- ґрунтообробіток полів до виконання підготовчих робіт (вивезення каміння, засипання ям та інших перешкод; відбивання поворотних смуг).

Вимоги безпеки під час експлуатації сільськогосподарської техніки

1. Обладнання, під час експлуатації якого можливе виділення шкідливих речовин у повітря робочої зони, має бути обладнане місцевою вентиляцією. Пуск місцевої вентиляції має бути заблокований із пуском технологічного обладнання.

2. Вузли та елементи сільськогосподарських машин, що рухаються, обертаються та можуть становити небезпеку, мають бути огорожені захисними кожухами, які забезпечують безпеку працівників.

3. Не дозволяється:

- експлуатація несправних машини та обладнання;
- експлуатація сільськогосподарських тракторів без електростартерного запуску двигуна та з відсутньою або несправною системою блокування запуску двигуна за ввімкнутої передачі.

4. Зовнішні поверхні всіх захисних засобів, приводів і карданів повинні бути пофарбовані в жовтий сигнальний колір.

5. Сівалки, ґрунтооброблювальні та посадкові машини, що допущені до експлуатації, повинні мати:

- справне сидіння сівача, площадку або підніжну дошку й поручні;
- підніжну дошку шириною не менш 350 мм і запобіжні бортики висотою 100 мм;
- гладкі й надійно закріплені поручні на висоті 1 м, якщо конструкцією передбачене робоче місце;
- захисні огороження рухливих деталей приводних передач;
- підключені прилади двосторонньої сигналізації;
- надійне кріплення маркерів у транспортному положенні;
- надійне з'єднання сім'япроводів з коробками сівальних апаратів;
- захисне огороження робочих органів фрез ґрунтооброблювальних машин, що мають примусовий привід і під час роботи розташовані над поверхнею ґрунту;
- справні та надійно закріплені циліндри і шланги гідравлічної системи машини;
- захисне огороження карданних валів приводу машин.

РОЗДІЛ 5

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

Типовий багатокутник розподілу відхилень робочих органів культиватора щодо осі міжрядь представлений на рисунку 5.1. Розподіл випадкової величини L_0 поперечних відхилень носить нормальний характер, оскільки визначені з експериментів значення асиметрії й ексцесів менше своїх гіпотетичних середньоквадратичних відхилень. Тому для визначення величин σ , довірчої ймовірності роботи із захисною зоною 40 і 50 мм – β_{40} і β_{50} були використані математичні залежності, характерні для нормального розподілу.

Залежність середньоквадратичного відхилення осі грядля до осі оброблюваного міжряддя σ , мм від частоти імпульсів n_c , Гц, імпульсного зсуву δ , мм, швидкості руху культиватора u_k , м/с і ширини зони нечутливості b_H мм, визначена у вигляді рівняння:

$$\begin{aligned} \sigma = & 23.29 - 39.93 \cdot n_c + 1.05 \cdot \delta - 6.88 \cdot U_k + 0.68 \cdot b_H + 17.04 \cdot n_c^2 + \\ & + 0.175 \cdot n_c \cdot \delta + 2.44 \cdot n_c \cdot U_k - 0.089 \cdot n_c \cdot b_H - 0.016 \cdot \delta^2 + 0.467 \cdot \delta \cdot U_k \\ & - 0.015 \cdot \delta \cdot b_H - 9.9 \cdot U_k^2 + 0.132 \cdot U_k \cdot b_H - 0.0027 \cdot b_H^2 \end{aligned} \quad (5.1)$$

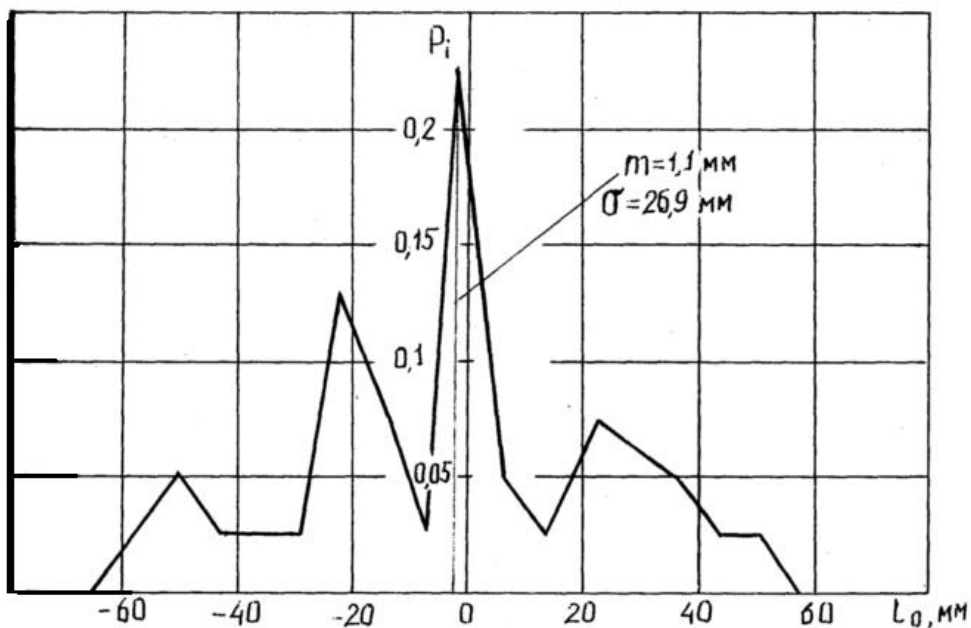


Рисунок 5.1 – Багатокутник розподілу поперечних відхилень осі грядля культиватора від осі міжряддя під час роботи САВ з параметрами: $n_c = 1,3$ Гц, $\delta = 29,6$ мм, $u_k = 1,27$ м/с і $b_H = 30$ мм

Аналіз рівняння (5.1) виконаний за допомогою графіка. Залежність σ від частоти імпульсів сигналів n_c та імпульсного зсуву при постійних $u_k = 1$ м/с і

$b_n = 30$ мм представлена на рис. 5.2-а. Частота сигналів, що відповідає мінімальному значенню σ , рівняється 1,0...1,3 Гц. При цьому $\sigma = 21...28$ мм. Зі зменшенням величини імпульсного зсуву з 29,6 до 16,9 мм значення σ зменшується до 21 мм. Таке взаємне співвідношення параметрів пояснюється тим, що найбільша точність досягається при мінімальних інерційних зусиллях, що виникають при поперечних зсувах. Вони у свою чергу забезпечуються мінімальними імпульсними зсувами культиваторних секцій, але при більшій частоті імпульсів. Тобто менші, але більше часті імпульсні зсуви дають менші інерційні навантаження, що дозволяє одержати більше високу точність роботи САВ, що характеризується меншим значенням σ .

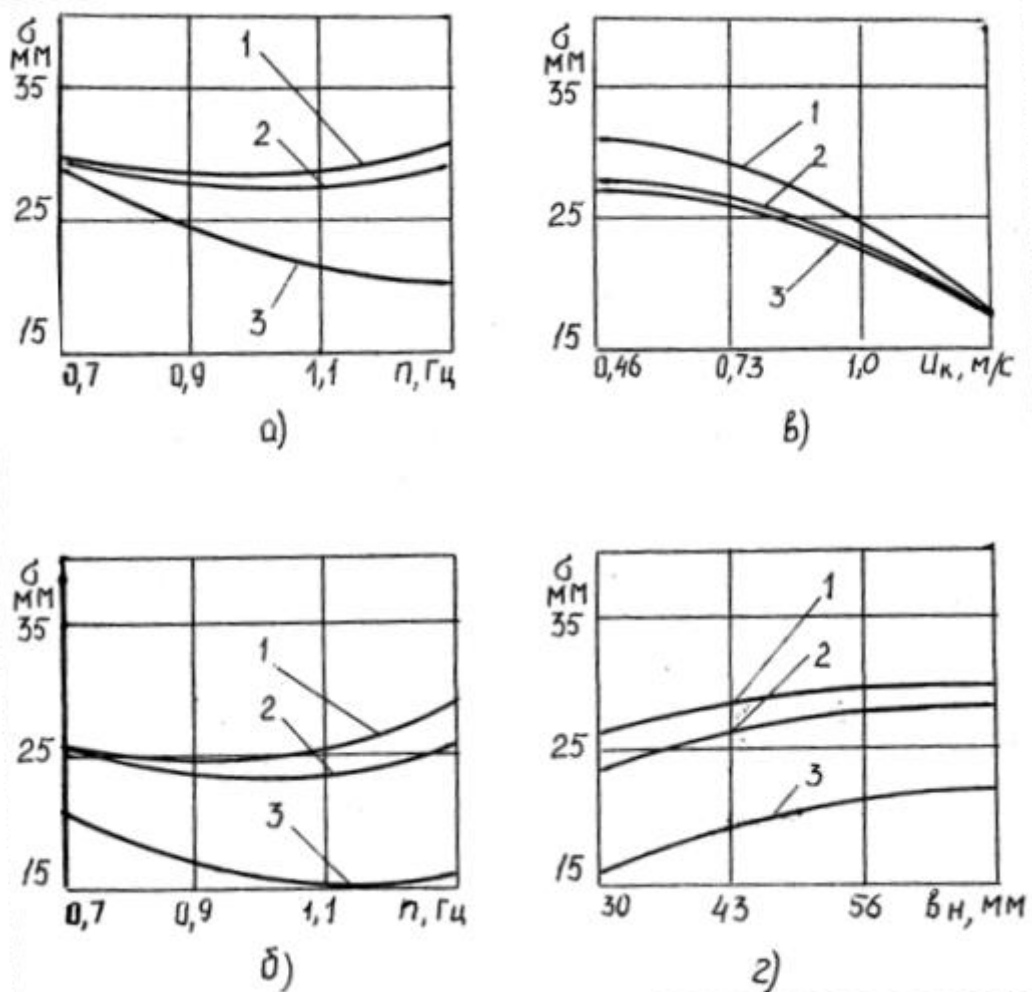


Рисунок 5.2 – Залежність середньоквадратичного відхилення σ осі гряддя до осі оброблюваного міжряддя від параметрів САВ: а – частоти сигналів n_c при імпульсному переміщенні 29,6 (1), 25,4 (2) і 16,9 мм (3) для $u_k = 1,0$ м/с, $b_n = 30$ мм; б – частоти сигналів n_c при імпульсному переміщенні 29,6 (1), 25,4 (2) і 16,9 мм (3) для $u_k = 1,27$ м/с, $b_n = 30$ мм; в – швидкості u_k при частоті 0,9 (1), 1,1 (2) і 1,3 Гц (3) для $\delta = 16,9$ мм і $b_n = 30$ мм; г – величини зони нечутливості b_n при імпульсному переміщенні 29,6 (1), 25,4 (2) і 16,9 мм (3) для $u_k = 1,27$ м/с і $n_c = 1,1$ Гц

Ті ж закономірності відзначені й на швидкості руху $u_k = 1,27$ м/с, але частота, що відповідає мінімальним значенням зменшується й відповідає 0,9...1,1 Гц. Ці мінімальні значення зменшуються до $\sigma = 16...25$ мм (рис.5.2-б).

Вплив швидкості переміщення культиватора на точність його водіння щодо траєкторії орієнтації представлена на рис.5.2-в. Зі збільшенням швидкості з 0,46 до 1,3 м/с значення σ зменшується з 31 до 15 мм, що пояснюється в цілому кращою керованістю тракторного агрегату. При $n_c = 1,1...1,3$ Гц і $\sigma = 16,9$ мм величина σ зменшується до 15...16 мм. У той же час, як показали експериментальні дослідження, подальше збільшення швидкості понад 1,3 м/с приводить до ушкодження камбію штаблів підщеп. При цьому збільшення частоти подачі імпульсів до 1,1...1,3 Гц також приводить до зменшення σ .

Дані експериментальних досліджень (рис.5.2-г) показують, що для зменшення σ доцільно зменшити ширину зони нечутливості до 30 мм. У цьому режимі роботи САВ відбуваються більше часті контакти двостороннього щупа з рослинами, а отже, більше точне поперечне коректування положення секцій культиватора щодо ряду рослин.

Таким чином, для досягнення необхідної точності водіння культиваторних секцій при обробі ґрунту в плодovому розсаднику пристрій керування повинне мати наступні основні параметри: частота імпульсів електричних сигналів $n_c = 1,2$ Гц; величина поперечного переміщення секцій культиватора при подачі одного імпульсу $\delta = 16,9$ мм; ширина зони нечутливості двостороннього щупа $b_H = 30$ мм; швидкість руху тракторного агрегату із САВ $u_k = 1,2$ м/с.

З врахуванням доцільних захисних зон (з економічних і агротехнічних міркувань), що становлять 40...50 мм, нами експериментально визначена залежність довірчої ймовірності роботи із захисними зонами обробітку 40 і 50 мм від параметрів n_c , δ , u_k , b_H у вигляді:

$$\begin{aligned} \beta_{40} = & 0.1787 + 1.432 \cdot n_c + 0.00372 \cdot \delta + 0.1355 \cdot U_k - 0.01036 \cdot b_H - 0.4251 \cdot n_c^2 - \\ & - 0.01734 \cdot n_c \cdot \delta - 0.09537 \cdot n \cdot U_k - 135 \cdot 10^{-5} \cdot n_c \cdot b_H + 39 \cdot 10^{-5} \cdot \delta^2 - \\ & - 0.01638 \cdot \delta \cdot U_k + 0.0022 \cdot \delta \cdot b_H + 0.284 \cdot U_k^2 - 0.0013 \cdot U_k \cdot b_H + 8 \cdot 10^{-5} \cdot b_H^2 \end{aligned} \quad , \quad (5.2)$$

$$\begin{aligned} \beta_{50} = & 0.3911 + 1.1395 \cdot n_c + 0.00335 \cdot \delta + 0.1 \cdot U_k - 0.00798 \cdot b_H - \\ & - 0.3692 \cdot n_c^2 - 0.01193 \cdot n_c \cdot \delta - 0.09819 \cdot n_c \cdot U - 26 \cdot 10^{-5} \cdot n_c \cdot b + 27 \cdot 10^{-5} \cdot \delta^2 - \\ & - 0.01077 \cdot \delta \cdot U_k + 14 \cdot 10^{-5} \cdot b_H + 0.1862 \cdot U_k^2 - 28 \cdot 10^{-5} \cdot U_k \cdot b_H + 5 \cdot 10^{-5} \cdot b_H^2 \end{aligned} \quad . \quad (5.3)$$

На рис.5.3-а представлена графічно залежність довірчої ймовірності β_{40} від параметрів n_c і δ при $u_k = 1,27$ м/с і $b_H = 30$ мм. Аналіз цієї залежності

показує, що в діапазоні $n_c = 0,9 \dots 1,3$ Гц і $\delta = 16,9$ мм довірна ймовірність роботи САВ перевищує 0,99, тобто достатня для практичного виключення пошкоджуваності рослин робочими органами культиватора. Ще більш велика довірна ймовірність роботи САВ (до $\beta_{50} = 0,995$) при роботі із захисною зоною 50 мм і при тих же значеннях параметрів n_c , δ , u_k , b_n (рис.5.3-б).

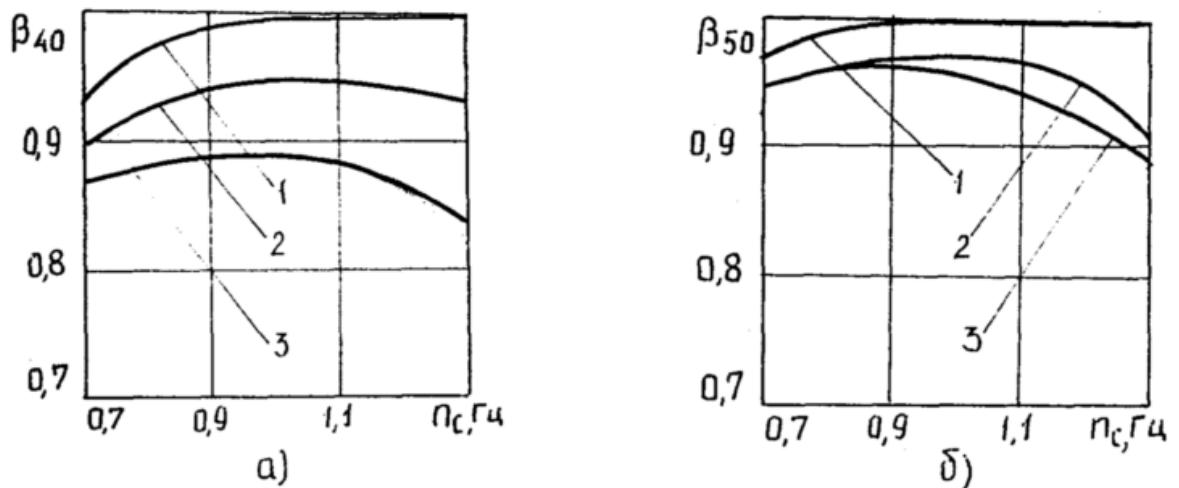


Рисунок 5.3 – Залежність довірчої ймовірності роботи САВ від її параметрів: частоти імпульсних сигналів n_c при переміщенні 16,9 (1), 24,5 (2) і 29,6 (3) при $u_k = 1,27$ м/с, $b_n = 30$ мм для захисної зони: а) 40 мм; б) 50 мм

Отже, обрані значення параметрів САВ робочих секцій культиватора задовольняють агротехнічним вимогам механізованої обробітку ґрунту в плодovому розпліднику.

Якісні показники роботи САВ висококліренсного культиватора визначені з використанням відповідних макетних зразків. У ході вивчення шляхом виміру фіксувалася ширина захисної зони, відзначалися механічні ушкодження рослин робочими органами машини. Відстань між копірами в досліді становила 0,6; 0,62 і 0,64 м.

Шляхом хронометражу встановлена продуктивність, що склала 1,1 га/ч.

Дані, отримані в ході виробничої перевірки макетних зразків САВ і висококліренсного культиватора представлені в таблиці 5.1. Тут m середнє арифметичне значення показника, σ середньоквадратичне його відхилення.

Таблиця 5.1

Якісні показники обробітку ґрунту в плодівому розсаднику із застосуванням макетних зразків САВ і висококліренсного культиватора

Швидкість руху культиватора, км/год	Ширина захисної зони, мм		Механічні пошкодження рослин, %	Втрати від механічних пошкоджень, грн./га
	m	σ		
4,2	50	14	—	—
4,1	40	15	0,0125	8
4,2	30	14	0,01	64

З наведених у таблиці даних видно, що зменшення захисної зони до 30 мм веде навіть при незначному відсотку механічних ушкоджень 0,01% до істотних економічних втрат 64 грн/га. Отже, ширину захисної зони 40 мм варто визнати оптимальною для такого варіанта обробітку ґрунту.

Застосування САВ дозволяє зменшити витрати праці на прополку від 40...45 (при традиційній технології) до 18...19 нормозмін на 1 га, тобто в 2,5 рази. Мінімальні втрати саджанців на суму 8 грн/га при цьому несуттєво впливають на підсумковий економічний ефект, що становить 105,5 грн/га. Використання пристосування ППР-5,6 зменшує витрати праці до 21...31 нормозмін на 1 га (у середньому в 1,6 рази).

Зіставлення отриманого ефекту для порівнюваних варіантів обробітку свідчить, що САВ культиватора має переваги при роботі із захисними зонами від 0,04 до 0,08 м. Слід зазначити, що при вирощуванні дворічних саджанців на третій рік культивації напрямні щілини втрачають свою ефективність і захисні зони обробітку збільшуються до 0,13 м при використанні ППР-5,6 і до 0,20 м при традиційних методах обробітку, тобто в таких умовах застосування САВ ще більш краще.

Таким чином, дані експериментів підтвердили вірогідність проведених теоретичних досліджень. Підтверджено доцільність використання більших частот подачі імпульсів сигналу $n_c = 1,3$ Гц при малій їхній тривалості $\tau_n = 0,2$ с. Параметри САВ, визначені на підставі результатів теоретичного аналізу забезпечили високі якісні показники обробітку в плодівому розсаднику із захисною зоною 0,04 м. Довірча ймовірність роботи САВ культиватора із захисною зоною 40 мм перевищує 0,99, тобто достатня для практичного виключення механічних ушкоджень рослин робочими органами культиватора при оптимальних значеннях зазначених параметрів, а також при ширині зони нечутливості $b_n = 30$ мм і швидкості 1,27 м/с.

Порівняльна оцінка застосування висококліренсного культиватора із ППР-5,6, висококліренсного культиватора із САВ і традиційного культиваторного обробітку ґрунту в плодovому розпліднику показує більшу ефективність САВ, що дозволяє зменшити витрати праці в 2,5 рази. Застосування пристосування ППР-5,6 зменшує трудовитрати в 1,6 рази.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Відмінними рисами розроблених технічних засобів для обробітку ґрунту в плодovому розпліднику є: застосування системи автоматичного водіння робочих секцій культиватора для скорочення ширини захисної зони обробітку ґрунту й, відповідно, для зменшення трудовитрат на ручну прополку. Така система включає з'єднані послідовно чутливий елемент, логічний блок, електрогідроперетворювач, гідравлічний перепускний клапан і об'єкт керування; використання спеціального висококліренсного культиватора для обробітку плодорозсадника зі стрічковою схемою посадки, оснащеного пристосуванням ППР-5,6, що рухається по напрямних щілинах в агрегаті із трактором загального призначення класу 1,4 або 2.

2. Аналіз структурної схеми САВ культиватора дозволив визначити вплив параметрів і характеристик автоматичної системи на показники її роботи. Показники роботи САВ поліпшуються зі зменшенням амплітуди коливань частотної характеристики. Установлено доцільність використання більших частот подачі імпульсів сигналу при малій їхній тривалості. Такими є частота подачі $\nu_c = 1,3$ Гц і тривалість імпульсів $t_{п} = 0,2$ с.

Аналітичними дослідженнями встановлено, що для усталеної роботи чутливого елемента, виключенням коливань копіру щодо рослин, необхідно певне співвідношення частоти прикладеного імпульсного навантаження й власної частоти коливань копіру. Найбільш прийнятним режимом є співвідношення зазначених частот $\omega_k/\rho_k = 1,5...3,0$. На підставі результатів теоретичних досліджень розроблена методика визначення параметрів щупа, що забезпечують стійкий режим його роботи.

3. Експериментальними дослідженнями визначена залежність середньоквадратичного відхилення осі гряділя культиватора до осі оброблюваного міжряддя від частоти імпульсів САВ, імпульсного зсуву, швидкості руху культиватора й ширини зони нечутливості. Підтверджено вірогідність результатів теоретичного аналізу: оптимальні параметри по частоті імпульсів $\nu_c = 1,0...1,3$ Гц, по величині імпульсного зсуву $\delta = 16...17$ мм відповідають середній тривалості імпульсів $t_{п} = 0,2$ с. Установлено, що при цих параметрах, а також при ширині зони нечутливості $b_n = 30$ мм і швидкості руху $u_k = 1,27$ м/с довірча ймовірність роботи САВ культиватора із захисною зоною 40 мм перевищує 0,99, тобто достатня для практичного виключення механічної пошкоджуваності рослин.

4. Дослідженнями встановлено, що на важкому й середньому глинистому ґрунтах застосування напрямних щілин, нарізаних ножами щілерізами, у сполученні з роторними робочими органами пристосування ППР-5,6 для прополки або рядковими прополювальними борінками КЛТ-38

або КРН-38, монтованими на культиватор при стрічковій схемі посадки розсадника $2 \times 0,7 (0,9) + 1,4 + 2 \times 0,7 (0,9)$ м, дозволяє у першому полі плодового розсадника зменшити захисні зони не менш, ніж в 2 рази, і довести їх до 0,07 м; у другому полі при відсутності умов розмивання щілин захисні зони можуть бути зменшені до 0,11 м, а в третьому до 0,13 м. Наявність технологічних коридорів, використовуваних для вирощування низькорослого посадкового матеріалу при стрічковій схемі посадки плодового розсадника, дозволяє застосувати для роботи з культиватором трактори загального призначення класу 1,4 або 2.

5. Порівняльна оцінка застосування висококліренсного культиватора із ППР-5,6, висококліренсного культиватора із САВ і традиційним культиваторним обробітком ґрунту в плодовому розпліднику показує більшу ефективність САВ, що дозволяє зменшити витрати праці в 2,5 рази. Застосування пристосування ППР-5,6 зменшує трудовитрати в 1,6 рази.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Фришев С.Г. Пристрій для викопування розсади суниць // Вісник сільськогосподарської науки, 1985, - N 10. - 0.80-84.
2. Демидко М.О., Бабенко А.Є., Бабій В.П., Фришев С.Г та ін. Довідник з механізації садівництва.- К.: Урожай, 1988= - 233 с.
3. Egedal 3 point hitch side-diggers. Timm Enterprises LTD.// Kriop Nurseryman. - 1994, October 1, P. 62.
4. The nursery equipment //American Nurseryman. - 1992, September 1, P.27-28.
5. Сафонов О., Механізація вирощування плодових саджанців //Техніка АПК - 1997. - N 2 - С.26-27.
6. Фришев С.Г. Засоби механізації в плодovому розсаднику.// Ме-анізація сільського господарства. - 1983. - N 7. - 0.25-27,
7. Фришев С.Г., Мережко І.М. Машина для плодорозсадників /Механізація сільського господарства. - 1982.- N 1. - С.29-30.
8. ,76, Фришев С.Г., Мережко І.М. Для механізації робіт у плодovозсадниках // Механізація сільського господарства. - 1984. - N 9. -. 35-36.
9. Андрієнко М.В., Фришев С.Г. Вирощування однорічних саджанців Земля і люди України. - 1992. - N 9-10. - С.15-17.
10. 105, Фришев С.Г. Обґрунтування параметрів системи автоматичного водіння робочих секцій культиватора в плодovому розсаднику /7 Механізація та електрифікація сільського господарства. Міжвідомчий тематичний науковий збірник. - К.: Аграрна наука, - 1997, - Вил. 82. - С.57-53.
11. Lucius J. Bestimmung des einflusses der vevformungsge sohwinglgkeit ans die bruchspannung: in boden // Deutsche Agrartechnik. 1971. - N 11. - S,526-528.
12. Хоменко І.І. (за ред.) Сучасні проблеми садівництва, - Мліїв, 1999. – 194 с.
13. Бублик М.О. Технологічні та методологічні основи підвищення продуктивності сучасного садівництва (Автореферат), – К.: ДОД ІАЕ УААН, 2003. – 36 с.
14. Фришев С.Г. Обґрунтування і розробка технологічного комплексу машин для вирощування садивного матеріалу плодових культур. Дис. д-ра техн. наук: 05.20.01./ Національний аграрний ун-т. – К., 1999. – 287 с.
15. United States Patent № 6,056,067 May 2, 2000 Apparatus for clearing debris. A 01 B 13/04.
16. Демидко М.О. та ін. За ред. М.О. Демидка – 2-е видання, перероб. і доп. – К.: Урожай, 1992. – 261 с.

17. Садівництво / О.Б. Расторгуєв, В.І. Сенін, Н.М. Клочко, О.Г. Караєв, Т.А. Маркіна // Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Степу України. – К.: Аграрна наука, 2004. – С. 466–478.
18. Данильченко М.Г. Сільськогосподарські машини, - Тернопіль: „Економічна думка”, 2001. – 272 с.
19. Deutsches patentamp DT 2413425.6-23 A1 Vorrichtung zur Auflockerung der Bodenoberfläche an Abhängen der aufgeschütteten Beete. A 01 B 13/04, A 01 B 49/00, A 01 B 29/04. 2.10.1975, Luyken, R., Dipl.-Phys., Pat.-Anw., 8000 Munchen.
20. Nederland, Terinzagelegging № 8901860 Grondfreens en machine voor mechanisehe onkruidbestrijding. A 01 B 33/02, A 01 B 13/04, A 01 B 39/16 A 01 B 39/08. 18 februari 1991, Baveck Machines, broekheuvelsestraat 2 te 5321 JC Hedel.
21. Мельник І.І., Бабій В.П., Марченко В.В., Голуб Б.Л., Шатров Р.В, Надточій О.В., Кавецька В.Г., Якимів Р.Я. Методичні вказівки до виконання лабораторно-практичних завдань з курсу “Аналіз технологічних систем та обґрунтування рішень”, – К.: Видавничий центр НАУ, 2000. – 69 с.
22. Войтік А.В., Привалов І.С., Фришев С.Г. Порівняльна оцінка технологій розкриття та відокремлення відсадків клонів підщеп // Науковий вісник Національного аграрного університету. – 2005, № 80. – С. 62–66.
23. Гуков Я.С. Обробіток ґрунту. Механіко-технологічне обґрунтування енергозберігаючих засобів для механізації обробітку ґрунту в умовах України. – К.: Норма-Пріма, 1999. – 275 с.
24. Булгаков В.М. Теорія бурякозбиральних машин. Монографія. – К.: Видавничий центр НАУ, 2005. – 245 с.
25. Сафонов О.Ф. Механізація вирощування плодів саджанців // Техніка АПК. № 7, – 1997. – С. 26–27.
26. Привалов І.С., Фришев С.Г., Майбенко М.І., Ведмідь Д.М., Войтік А.В., Розробити виготовити і провести випробування машини для відкриття кореневої системи вегетативних підщеп в маточнику / Звіт про НДР та ДКР. Інститут садівництва УААН. 2005. – 17 с.
27. Шевченко І.А. Обґрунтування технологій та технічних засобів для обробітку ґрунтів на базі їх агрофізичних показників. Автореф. дис. д-ра техн. наук: 05.05.11. – К., 2002. – 36 с.
28. Заїка Л.М. Теорія сільськогосподарських машин. Т. 2. Частина 1. Машини для заготівлі кормів. – Х.: Око, 2003. – 360 с.