

УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ

Допускається до захисту
Завідувач кафедри
_____ Войтук А.В.
“ ____ ” _____ 20 ____ р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до магістерської роботи

_____ магістр

(освітній рівень)

на тему **«ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ УТВОРЕННЯ**
ПОСАДКОВОЇ КАНАВКИ ДЛЯ ПІДЩЕП ПЛОДОВИХ КУЛЬТУР
РОБОЧИМИ ОРГАНАМИ АКТИВНОГО ТИПУ»

Виконав: студент 2 курсу, групи 21м-ім
Спеціальність 208

«Агроінженерія»

_____ Шевчук Р.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник Войтук А.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Любич В.В.

(прізвище та ініціали)

м. Умань - 2023 рік

УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА Агроінженерії

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Завідувач кафедри
 _____ **Войтік А.В.**
 “ ____ ” _____ 20 ____ р.

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

 Шевчуку Ростиславу Віталійовичу
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Дослідження технологічного процесу утворення посадкової канавки для підщеп плодових культур робочими органами активного типу»

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 найпоширеніших клонових підщеп плодових культур; існуючі технологічні процеси та технічні засоби у виробничому процесі розкриття кореневої системи маточних рослин.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): аналіз існуючих способів та засобів розкриття кореневої системи маточних рослин, огляд попередніх досліджень з даного питання; вибір оптимального способу розкриття кореневої системи; обґрунтування технологічної схеми розроблюваної машини; обґрунтування оптимальних параметрів робочих органів досліджуваної машини; визначення ударного імпульсу і траєкторії руху гумових бил; визначення необхідних фізико-механічних властивостей гуми; розробка заходів з охорони праці при роботі з начіпними машинами; визначення економічної ефективності впровадження розробленої машини.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): підготувати ілюстративний матеріал у вигляді презентації (до 20 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 16 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	02.03.2023 р.	
2.	Розділ 1. Стан питання та задачі досліджень	02.03.2023 р.	
3.	Розділ 2. Теоретичні обґрунтування технологічного процесу та параметрів машини	02.04.2023 р.	
4.	Розділ 3. Експериментальні дослідження	29.05.2023 р.	
5.	Розділ 4. Охорона праці	15.09.2023 р.	
6.	Розділ 5. Техніко-економічна ефективність машини для зрізання та подрібнення гілок кущових ягідників	30.10.2023 р.	
7.	Виконання графічної частини роботи	17.11.2023 р.	
8.	Представлення роботи керівнику на перевірку	20.11.2023 р.	

Студент

(підпис)Шевчук Р.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)Войтік А.В.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Шевчук Р.В. Дослідження технологічного процесу утворення посадкової канавки для підщеп плодових культур робочими органами активного типу (Магістерська робота. Умань, Уманський національний університет садівництва, 2023. – 48 с.).

Об'єкт дослідження. Процес нарізання посадкових щілин активним робочим органом.

Предмет дослідження. Параметри технологічного процесу і засобів для нарізання посадкових щілин для садіння підщеп.

Метою роботи є підвищення ефективності використання машин фрезерного типу шляхом покращення видалення ґрунту з борозни за рахунок обґрунтування оптимальних кінематичних параметрів фрезерних дисків, а також розробки конструкції фрезерних ножів.

В роботі написано вступ, дана характеристика та приведено аналіз робочих процесів і конструкцій машин для нарізання посадкових канавок при садіння підщеп. Проведено огляд теоретичних і експериментальних досліджень активних та пасивних робочих органів. Виконано обґрунтування конструктивних та кінематичних параметрів фрезерного робочого органу.

Проведено експериментальне дослідження якості видалення ґрунту з посадкових борозен та розміщення його по боках від канавки.

Запропоновані заходи з покращення умов охорони праці та довкілля.

Визначено економічну ефективність від впровадження запропонованого пристрою у виробництво.

Зроблено висновки та складено список використаної літератури.

Ключові слова: фрезерування, ніж, диск, підщепа, активний, борозна, канавка.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
Розділ 1. СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	6
Розділ 2. ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ	13
2.1. Агротехнічні вимоги до процесу й опис основних перспективних робочих органів для утворення посадкової канавки	13
2.2. Теоретичні дослідження процесу утворення посадкової канавки	18
Розділ 3. ПРОГРАМА, МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	26
3.1. Методика експериментальних досліджень.....	26
3.2. Результати експериментальних досліджень	32
Розділ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	39
Розділ 5. ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЕКТУ	42
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	45
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	47

ВСТУП

Інтенсифікація виробництва – процес виробництва, що базується на застосуванні найефективніших засобів і предметів праці, кваліфікованої робочої сили, передових форм і методів організації праці, зростаючої інформованості про найновіші досягнення науково-технічного прогресу тощо. Інтенсифікація виробництва суттєво відрізняється від екстенсивного розвитку суспільного виробництва, що базується на кількісному зростанні засобів виробництва і має витратний характер інтенсифікації виробництва, на відміну від нього, має антивитратну спрямованість, оскільки супроводжується зменшенням витрат живої та уречевленої праці на одиницю продукції.

Рівень інтенсивності садівництва залежить від багатьох факторів, а саме: скороплідності і врожайності сортів, щільності насаджень, способів формування крони, використання добрив, засобів захисту садів, зрошення, застосування механізації виробництва. Упровадження нових раціональних типів насаджень і прогресивних способів формування крон плодових дерев значною мірою змінює технологію виробництва.

У зв'язку з великою трудомісткістю галузі велике значення має впровадження комплексної механізації і прогресивної технології. Рівень механізації у виноградарстві нині становить близько 30 %. Механізація виробничих процесів є одним із основних шляхів підвищення продуктивності праці і зниження собівартості продукції у виноградарстві. Застосування машин для укриття і розкривання лози підвищує продуктивність праці в 2,5...3 рази, на збиранні врожаю – в 10 разів.

Підготовка ґрунту також охоплює осіннє, незалежно від часу посадки дерев, але не пізніше, як за 1 місяць до її проведення, копання ям для саджанців. Розміри ям залежать від глибини передпосадкової підготовки ґрунту. Якщо дерева висаджують по плантажу, ями копають так, щоб в них вільно розміщались корені. Там, де плантажний обробіток не проводили, ями копають завширшки 100 і завглибшки 50...60 см. Ями копають ямокопачами КЯУ-100, КПЯ-60, КРК-60.

РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Посадку підщеп, клонових або насінних, у розсадник зазвичай проводять навесні й, рідше восени. Залежно від обсягу посадки підщеп і наявності техніки використовують два варіанти технологій:

1) з використанням борознонарізуючих пристроїв пасивного типу у вигляді сошників або активного – у вигляді фрез, якими нарізуються канавки, куди вручну висаджують підщепи;

2) посадка виконується саджалками типу СШН-3 (країни СНД), МПП-4 (Україна), де використовуються сошники анкерного типу й апарати, що висаджують, із загорточами й прикочу вальними котками.

Характер канавкоутворення визначає якість розпушування ґрунту в місці посадки, від якого залежить приживлюваність посаджених рослин. Розрізняють два типи робочих органів для канавкоутворення: пасивний і активний. Робочі органи пасивного типу сошники підрозділяються на дві групи: сошники анкерного (якоревидного) типу з гострим кутом входження й полозовидні з тупим кутом. До останнього відносять і дискові сошники [7]. Дія на ґрунт анкерного сошника подібно дії розпушувальної лапи. Він піднімає й виводить на поверхню частки ґрунту нижніх шарів, а сошник другої групи прагне опустити долілиць частки ґрунту, що належать до верхніх шарів. Рух сошника в розпушеному ґрунті супроводжується деяким підйомом ґрунту в передній його частині. З'являється, так званий передсошниковий пагорб із опуклим обрисом поздовжнього профілю при анкерному сошнику й з увігнутим – при полозовидному. При роботі декількох сошників анкерного типу, розташованих в одному ряді на досить великій відстані друг від друга, розвиток пагорба протікає незалежно в кожного сошника. При поступовому їхньому зближенні передсошникові пагорби входять у зіткнення, замикаються й утворюють суцільний вал. Сошники починають гребти ґрунт і робота їх порушується. Така картина спостерігається в сошників саджалок СШН-3, МПП-4 при використанні їх з міжряддями посадки 0,7 м і менше. Практично завдання вирішується установкою сошників у два ряди, як це зроблено в саджалці СШП-5/3, що ускладнює конструкцію. Однак, взаємний вплив сошників при борозноутворенні не виключається й приводить до неоднакової глибини борозен, виконаних задніми й передніми сошниками, а також ускладнює агрегатування машини через втрату поздовжньої стійкості в навісному варіанті.

Застосування анкерних сошників вимагає попереднього якісного розпушування ґрунту. Великогрудковий й засмічений рослинними залишками ґрунт спричиняє нестійкої роботу сошника по глибині.

Сошник з тупим кутом входження ще більш вимогливий до обробки ґрунту. Регулювання заглиблення виконується винятково за рахунок зміни вертикального навантаження. Тому він використовується на саджалках з невеликою глибиною посадки до 0,12...0,15 м, наприклад, в овочевої саджалки СКН-6А.

Дисковий сошник утворений двома дисками, розміщеними під невеликим кутом друг до друга, які стикаються в одній крапці. Площини самих дисків відіграють роль щік, а передня частина, що замикається, заміняє груди наральника. Він застосовується на лісосадильній машині СЛП-2 для утворення борозен глибиною до 0,2...0,25 м, більш складний в виготовленні й не знайшов широкого застосування.

Таким чином, маючи широке поширення, сошники пасивного типу володіють стосовно до посадки підщеп рядом недоліків: не забезпечують ефективне розпушування ґрунту в зоні посадки на важких по механічному складу ґрунтах (глинистих і суглинних); нестійкі по глибині ходу; при невеликій ширині міжрядь (0,7 м і менше) мають негативний ефект нагортання валка ґрунту (бульдозерний ефект). Значний тяговий опір таких робочих органів приводить до того, що саджалки, обладнані ними (СШН-3, МПП-4), повинні агрегатуватися тракторами класу 3, які, як правило, не мають необхідних робочих швидкостей у діапазоні 0,6...1,2 км/ч.

Робочі органи для утворення садильних канавок активного типу можуть бути розділені на три групи: 1) фрезерний з горизонтальною віссю обертання; 2) фрезерний з вертикальною віссю обертання й 3) скребковий.

Фрезерний робочий орган з горизонтальною віссю обертання включає диск із закріпленими по периферії С-подібними ножами. Вісь обертання розташована перпендикулярно напрямку руху машини.

Залежно від напрямку обертання диска розрізняють фрези із прямим і зворотним обертанням. У першому випадку напрямок обертання ножів збігається з напрямком ведучих коліс трактора, а в другому протилежно. Робочий орган такого типу розроблений в 40-х...50-х роках Полтавцевим І.С. у Всесоюзному інституті цукрового буряка в м. Києві й установлений на фрезерних канавокопачах типу КФ-30, КС-Ф, КЛК-30 для нарізки загороджуючих канавок розміром 0,15 x 0,3 м [1, 2]. Фрезерний робочий орган машини КФ-30 діаметром 1,06 м має шість лівих і шість правих ножів, установлених у шаховому порядку на диску (рис. 1). Прийнято прямий напрямок обертання ножів з коловою швидкістю різання 9 м/с.

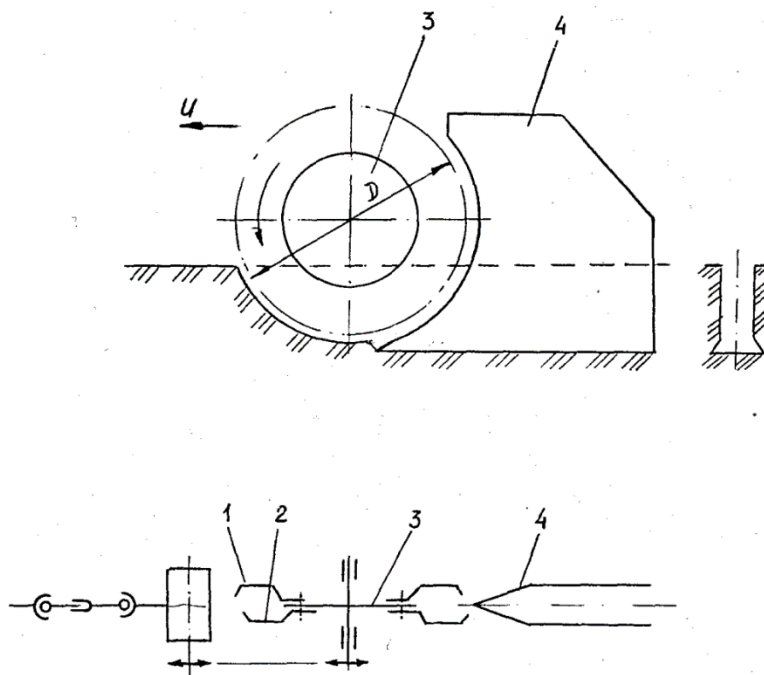


Рисунок 1 – Фрезерний робочий орган машини КФ-30 для нарізання канавок: 1, 2 – С-подібні ножі, праві і ліві, 3 – диск, 4 – анкерний сошник

Фреза використана в комбінації з анкерним сошником, що йде слідом за нею, створюючи умови для повного підйому ґрунту й забезпечуючи спеціальний профіль канавки в нижній частині. При продуктивності $45,6 \text{ дм}^3/\text{с}$ (поступальна швидкість 1 м/с) питома витрата енергії на виконання роботи складає $0,47 \text{ кДж/дм}^3$. Стосовно посадки, недолік такої фрези в сильному розкиданні ґрунту й значних енерговитратах на утворення канавки.

Нарізка вузьких (30...60 мм) і глибоких (500 мм) канавок дисковими фрезами зі зворотним обертанням вивчалася Зельцером В.Я. і Шкіопу В.В. у Молдавському НДІ плідівництва [3]. У зв'язку із зазначеними технологічними особливостями були використані прямі фрезерні ножі.

В 70-х роках на Мліївській дослідній станції садівництва Черкаської області раціоналізаторами господарства розроблена чотирирядна фреза для нарізки садильних канавок глибиною до 0,2 м [2]. Фреза має зустрічне обертання із частотою 270 хв^{-1} , діаметр фрези 0,6 м (рис. 2), агрегатується із трактором МТЗ-80 або ЮМЗ-6Л с ходозменшувачем. Конструктивно ножі цієї фрези аналогічні з машиною КФ-30. При оцінці переваг фрези в порівнянні зі звичайними сошниками відзначається краще розпушування ґрунту, необхідне для приживлюваності рослин, а також стабільність заданої глибини посадки. Параметри такого пристрою не обґрунтовувалися, глибина канавки була трохи менше, ніж це потрібно агротехнікою оброблення.

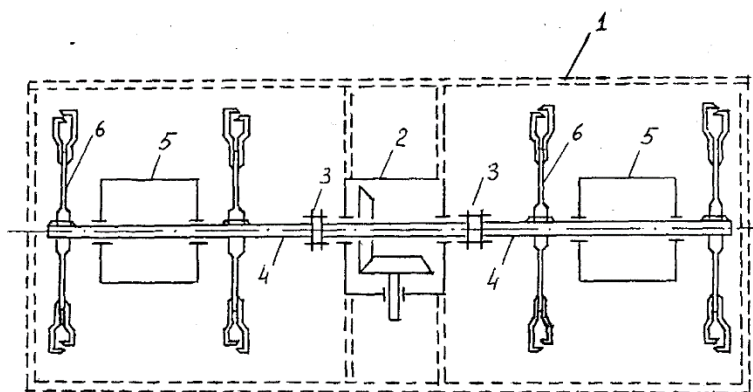


Рисунок 2 – Кінематична схема чотирирядної фрези для посадки зимових прищеп і підщеп: 1 – рама, 2 – редуктор, 3 – з'єднувальна муфта, 4 – вали дисків, 5 – корпус підшипника, 6 – дискова фреза

Трохи пізніше робота з удосконалення фрезерних робочих органів для утворення посадкової канавки виконувалася в інституті зрошуваного садівництва, м. Мелітополь [4]. Відзначено високий ефект за рахунок підвищення приживлюваності підщеп, але робота не була доведена до практичного впровадження.

У Німеччині, Франції й ряді інших країн з розвиненим садівництвом машини із фрезерними робочими органами для нарізки садильних борозен також знайшли певне поширення [3, 5].

Робочий орган активного типу з вертикальною віссю обертання застосований у дворядній машині МНБ для нарізки садильних борозен, що була розроблена в Молдавському НДІ плодівництва разом з конструкторським бюро НПО "Виерул" [6]. Тут використаний вертикальний конічний шнек, оснащений ножем-пером, змонтованим у нижній частині шнека й ексцентрично щодо його осі обертання (рис. 3). Поперед шнека розміщується анкерний сошник, що нарізає вертикальну щілину й захищає шнек від поломок. Сюди ж у канавку подається вода, що змішується із ґрунтом, утворюючи пульпу, куди вручну висаджуються підщепи. Аналогічні робочі органи виготовлені й застосовані в господарствах Криму [7]. Дослідження якісних показників роботи такого органа показало, що вихід зі шкілки виноградних саджанців був вище на 6,6%, у порівнянні із традиційною технологією застосування сошників пасивного типу [8].

Скребкові робочі органи донедавна знаходили своє застосування тільки в траншеєкопачах при прокладці кабельних, телефонних та інших комунікацій [9]. Вони являють собою замкнутий втулково-роликовий ланцюг із установленими на ньому у певній послідовності скребками (рис. 4) Робоча нижня вітка переміщається під кутом 45...50° до горизонту, вирізуючи й виймаючи ґрунт. За принципом дії скребкові органи можуть бути двох типів: 1) одночасно

ріжучий і транспортуючий ґрунт; 2) скребки, що тільки ріжуть ґрунт, і скребки, що тільки транспортують його після підрізання; вони застосовуються в комбінації. Найбільше застосування знайшли скребки першого типу. Вони встановлені на траншеєкопачах типу ТК-2, ТКМ, які утворюють траншеї шириною 0,095; 0,15; 0,20 і 0,26 м і глибиною до 1,2 м. Робочі швидкості для копальника ТКМ становлять 0,4; 0,75 і 0,87 км/год, швидкість скребкового контуру 3,5...5 м/с, потужність двигуна 8 к.с.

При деякій конструктивній складності в порівнянні із фрезерним, скребковий робочий орган має ряд істотних переваг. Він має менші габарити й сполучається в машині з посадковою секцією. Швидкість робочих органів в 2...2,5 рази менше ніж у фрезерних, що дозволяє зменшити розкидання ґрунту. Отже, і технологічно він, нарізаючи канавку без розкиду ґрунту, забезпечує можливість роботи садильниць, що подають і закладають підщепи під захвати апарата, що висаджує (без закидання їхнім ґрунтом).

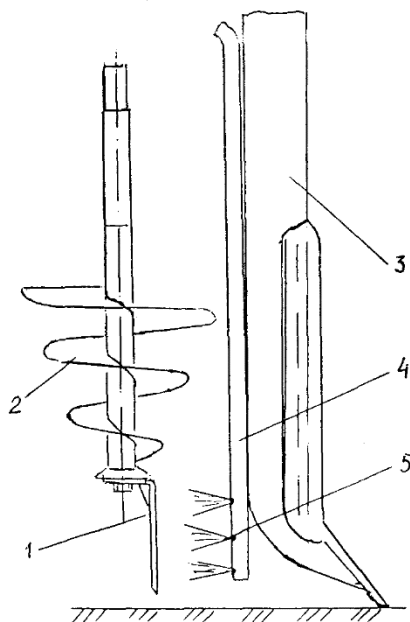


Рисунок 3 – Схема вертикального шнекового канавко утворювача: 1 – перовий ніж, 2 – конусний шнек, 3 – вертикальний ніж, 4 – труба для подачі води, 5 – отвір для виходу води

Теоретичним і експериментальним дослідженням скребкових робочих органів присвячені роботи Ю.А. Ветрова, В.І. Баловнєва, Е.А. Джангуляна, В.В. Сурікова, Домбровського Н.Г. [4, 5]. Ці роботи відбивають технологічні процеси в гідромеліорації, будівництві й при прокладці кабельних ліній зв'язку. Даних про дослідження з використання скребкових робочих органів стосовно посадки підщеп, у вітчизняній і закордонній літературі нами не знайдено.

Для вибору оптимальної схеми посадкової машини розглянемо різні типи використовуваних садильних апаратів. Розрізняють найпростіші й

транспортні типи садильних апаратів [5]. До найпростіших відносяться садильні апарати, за допомогою яких садильниці вносять рослини в посадкову канавку рукою. Такими апаратами оснащені машини типу "Браці", "Медюсон", РПШ-4. Така схема використана на переустаткованій раціоналізаторами господарств саджалці СШН-3 при знятих садильних апаратах, при цьому садильні місця наближені до ґрунтової поверхні. Конструкція таких саджалок проста, але робота садильниць на них стомлююча.

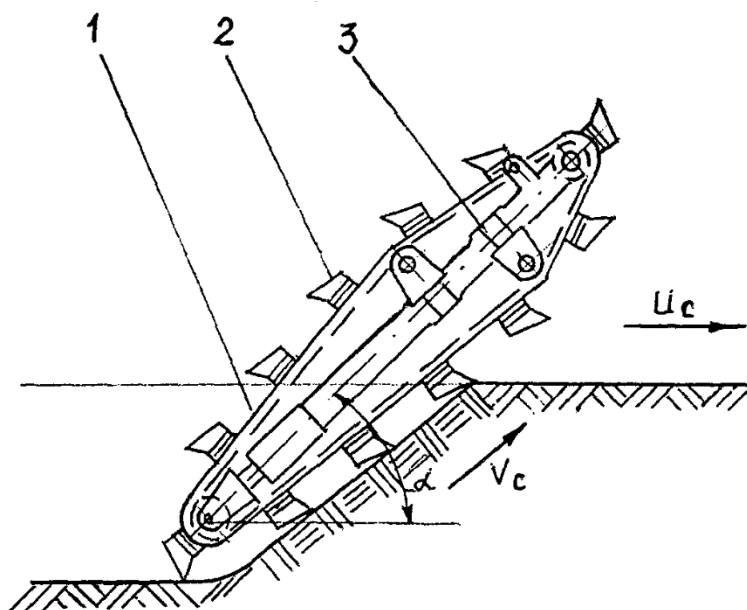


Рисунок 4 – Схема скребкового робочого органу: 1 – ланцюговий контур, 2 – скребки, 3 – рама

До апаратів транспортного типу ставляться садильні апарати, на яких рослини передаються від садильниць у посадкову канавку спеціальним транспортером. Вони діляться на апарати з напівавтоматичною й автоматичною подачею рослин. У першому варіанті висадження рослин виконується за допомогою посадкового транспортера. Робітник закладає посадковий матеріал у захватів транспортера вручну в ході технологічного процесу посадки. Апаратами з напівавтоматичною подачею оснащені машини СШН-3, СШП-5/3, СКН-6А, А-822 ГДР, "Брюер" США, Робот, Смолфорд Англія, СРН-5,2 Болгарія (рис. 5).

При автоматичній подачі рослини передаються з якого-небудь живильника в посадковий транспортер без участі садильниці. До машин такого типу відносяться: Т-520 Італія, пристосування лісосадильне ПЛА-1 до плуга ПКЛІ-70. Апарати цього типу не знайшли широкого виробничого застосування через низку надійності.

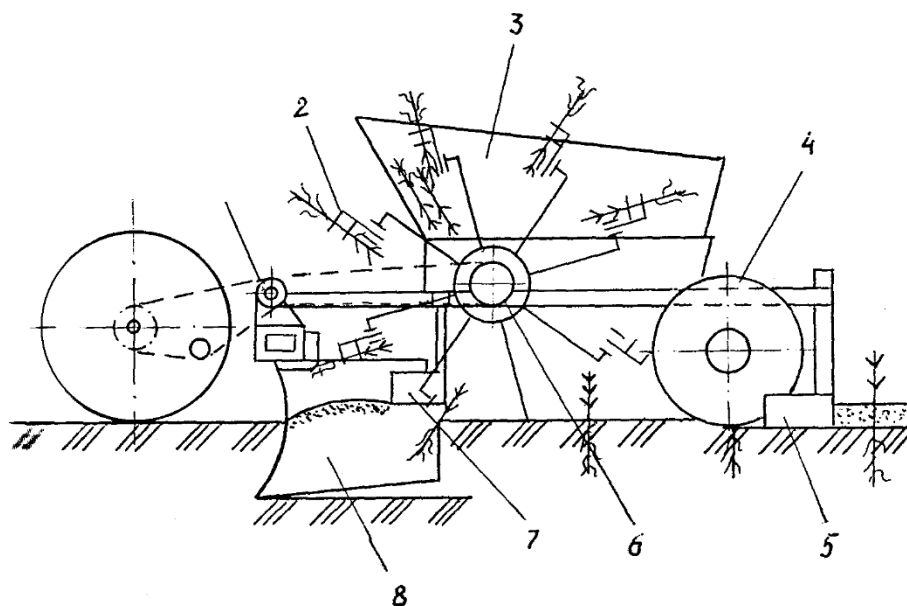


Рисунок 5 – Схема садильної секції апарату з напівавтоматичною подачею рослин: 1 – ланцюгова передача, 2 – захвати рослин, 3 – ящик для рослин, 4 – прикочу вальний коток, 5, 7 – загортачі, 6 – диск із захватами рослин, 8 – сошник

Виходячи з викладеного, найбільш прийнятне використання садильних апаратів транспортерного типу з напівавтоматичною подачею рослин типу СШН-3, СКН-6А, які, як показує досвід, забезпечують посадку рослин із кроком 0,25 м і більше. З огляду на практичну необхідність посадки підщеп із кроком 0,15...0,2 м, необхідне збільшення кількості захватів рослин. Такий апарат доцільно використовувати в комбінації з канавкоутворюючим робочим органом активного типу.

На підставі аналізу можна зробити такі висновки. Використовувані саджалки підщеп, що мають сошники пасивного типу, не забезпечують якісне розпушування ґрунту в місці посадки, що веде до втрат посадкового матеріалу за рахунок низької приживлюваності. Тому позначилася тенденція використання активних робочих органів для нарізування садильних борозен при ручній посадці підщеп. До таких механізмів варто віднести й скребкові робочі органи. У той же час, саджалки із сошниками пасивного типу мають значний тяговий опір і для свого агрегування вимагають використовувати трактор класу 3, що крім підвищеної енергоємності не має необхідного діапазону робочих швидкостей. Використовувані активні робочі органи для нарізування садильних канавок не досліджені стосовно даного процесу посадки.

РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Агротехнічні вимоги до процесу й опис основних перспективних робочих органів для утворення посадкової канавки

Підщепи висаджуються восени за 20-30 днів до замерзання ґрунту або ранньої навесні. При підготовці їх до посадки відрізають (обрубують) кінці корінь, залишаючи їхньою довжиною 0,15...0,18 м, і надземну частину – довжиною не більше 0,25 м. Глибина посадки залежно від типу підщеп варіює від 0,22 до 0,27 м, доцільно заглиблення кореневої шийки на 0,10...0,12 м.

Вимоги, що ставляться до пристроїв для нарізування посадкових канавок: ґрунт у зоні розташування кореневої системи повинна бути дрібногрудковий, робочі органи не повинні забиватися рослинними залишками й без полумок повинні переборювати тверді включення (камені, коріння тощо). Розміри посадкових канавок повинні забезпечувати розміщення коріння стандартних підщеп як насінних так і клонових, і становлять 0,10...0,12 x 0,24...0,26 м. Ширина міжрядь у розсаднику, як правило, перебуває в межах від 0,7 до 0,9 м. Відстань у ряді між рослинами встановлюють для вирощування дворічних саджанців з розрахунку 40-45 тис. шт./га, однолітніх – 60-75 тис. шт./га [1].

Залежно від обсягу посадки підщеп і наявності техніки використовують два варіанти технологій. Перший полягає в механізованій нарізці посадкових канавок (борозен). Другий – у використанні машини, що виконує комплекс операцій: нарізає канавки сошником, подає спеціальним апаратом (дисковим або ланцюговим) підщепи в канавку, засипає загортачами й ущільнює прикочувальними котками ґрунт у зоні посадки. І той і інший варіанти мають економічну доцільність залежно від площі розплідника, що висаджується. Обидва варіанти мають загальну технологічну операцію: нарізання посадкових канавок, якість виконання якої значною мірою визначає приживлюваність підщеп.

Відомими в Україні й за рубежом саджалками підщеп не забезпечується якісне розпушування ґрунту в зоні посадки, що приводить до втрат підщеп на глинистих і суглинних ґрунтах через недостатню їхню приживлюваність. Іншим недоліком використовуваних саджалок із сошниками анкерного типу є їх значний тяговий опір. Це змушує для роботи із чотирирядною саджалкою або борознорізом використовувати важкі й енергоємні трактори класу 3, які як правило не мають необхідного набору робочих швидкостей для посадки.

Виходячи із цього робочі органи для утворення канавки повинні забезпечувати ефективне розпушування, що виключає втрати підщеп через неприживлюваність. Тяговий їхній опір не повинне перевищувати 14 кН, щоб забезпечити роботу з більше розповсюдженими й прийнятними тракторами класу 1,4 або 2.

Як показали проведені нами аналіз і патентні дослідження, такі пристрої як, садильні апарати, загортачі й ущільнюючі котки, використовувані в саджалці, добре вивчені. У той же час сошники, що значною мірою забезпечують якість розпушування ґрунту в зоні посадки, а отже й приживлюваність підщеп, вимагають удосконалювання як не задовольняючі агрономи. Вони й визначають енергоємність процесу посадки в цілому. Тому нами обраний напрямок дослідження борознонарізуючих пристроїв. Найбільше застосування в машинах для посадки плодового розплідника знайшов коробковий сошник з гострим кутом входження, що використаний на саджалці підщеп СШН-3 і прийнятий нами для порівняльного аналізу.

Нами обрані для вивчення два типи активних робочих органів, що одержали найбільше поширення: скребковий, широко застосовуваний у промисловому будівництві й фрезерний, використовуваний в основному за рубежом для нарізування посадкових канавок. Вибір скребкового робочого органа продиктований можливістю його технологічного сполучення з садильними секціями. На підставі аналізу даних патентних досліджень як прототип робочого органа для утворення канавки з метою посадки підщеп нами обраний совковоподібний скребковий робочий орган, використовуваний у траншеєкопачах типу ТКМ-120 і фірми AMS (Голландія), які застосовуються для прокладки кабелю [9].

Скребковий робочий орган, схема якого представлена на рис. 2.1, містить раму 6 коробкового типу з нижнім натяжним пристроєм, нескінченний ланцюг 1 зі скребками 2 і 3, що установлений на ведучій 4, і веденій 5 зірочках. Рама закріплена шарнірно щодо приводного вала 7. Кут її нахилу до горизонту фіксується. Ріжучі й одночасно транспортуючі ґрунт скребки закріплені на втулково-роликовому ланцюзі в шаховому порядку ліворуч і праворуч. Робочою віткою контуру є нижня галузь.

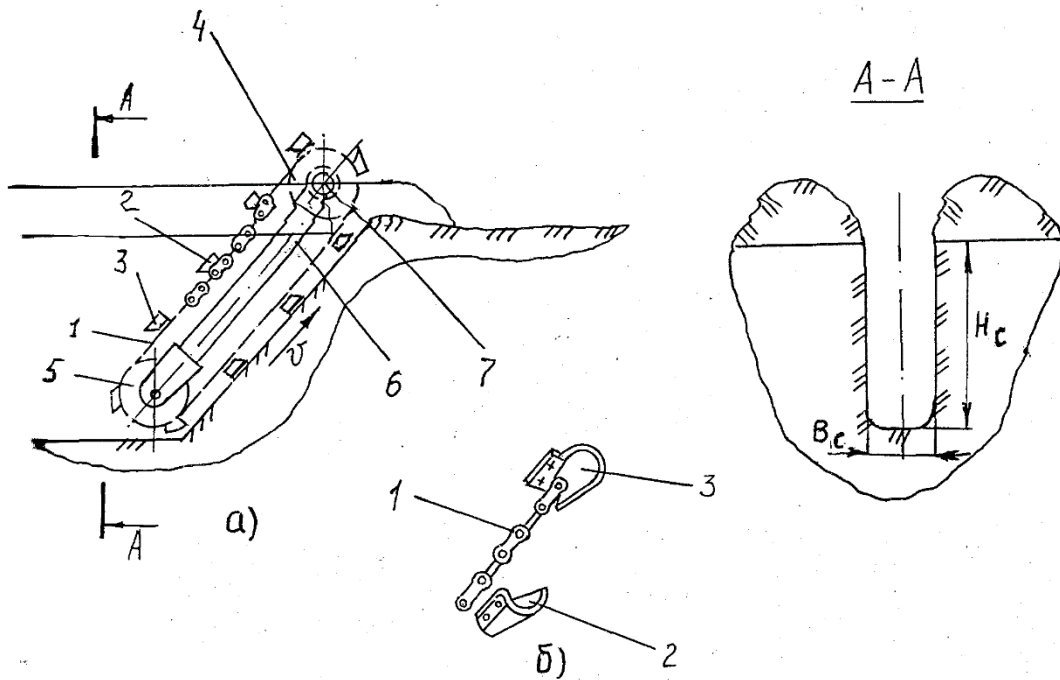


Рисунок 2.1 – Схема скребкового робочого органу: а) вигляд збоку; б) елементи скребкового робочого органу

Скребок (рис. 2.2) являє собою комбінацію тригранного клина 1, розташованого в передній його частині, і поверхні усіченого конуса 2. Клин забезпечує косе різання й копання ґрунту. Для кріплення скребка до ланцюга використовується хвостовик 3.

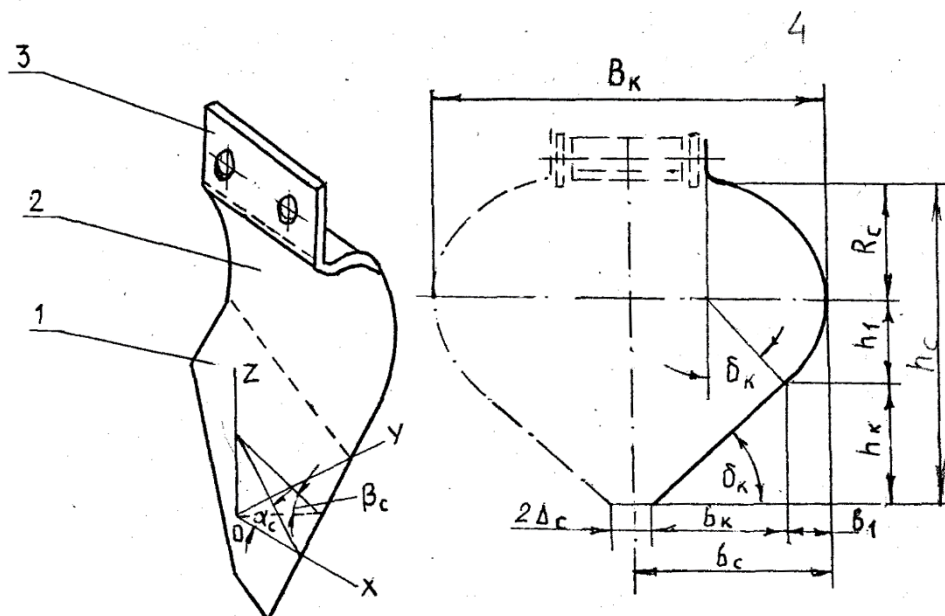


Рисунок 2.2 – Скребок: а) загальний вигляд; б) поперечний переріз

При обертанні ведучої зірочки скребки відокремлюють ґрунт від масиву шляхом різання й кришення, переміщують, а потім укладають її у валки.

Основні геометричні параметри елементів скребка: 1) тригранного клина: кут різання (кришення) β_c ; кут скосу леза γ_c , утворений лінією леза клина з напрямком переміщення – віссю ОХ; ширина b_k і висота h_k клина; 2) поверхні усіченого конуса (рис. 2.3): кут δ_c між твірною конічної поверхні й повздовжньою площиною; радіуси великої R_c і малої r_c основ конічної поверхні; довжина твірної усіченого конуса скребка l'_c ; 3) скребка (у цілому): висота h_c і ширина захвата b_c ; кут заточування ріжучої крайки i_c ; довжина скребка $l_{ск}$.

Основні параметри скребкового робочого органа: 1) крок розміщення шкребків l_c ; 2) кут нахилу робочої вітки до горизонту α_c ; 3) ширина B_c і глибина H_c канавки, що викопується (див. рис. 4.1); 4) довжина робочої ділянки ланцюга L_c ; 5) швидкість скребкового ланцюга v_c ; 6) поступальна швидкість переміщення скребкового робочого органа u_c .

Оскільки в загальнодоступній закордонній й вітчизняній літературі відсутні дані теоретичних і експериментальних досліджень по обґрунтуванню перерахованих параметрів для робочих органів траншеєкопачів промислового призначення, а крім того, не вивчені істотні особливості використання скребкового робочого органа на утворення канавки для посадки підщеп плодових культур, нами проведені відповідні дослідження з використанням теорії різання ґрунту [11].

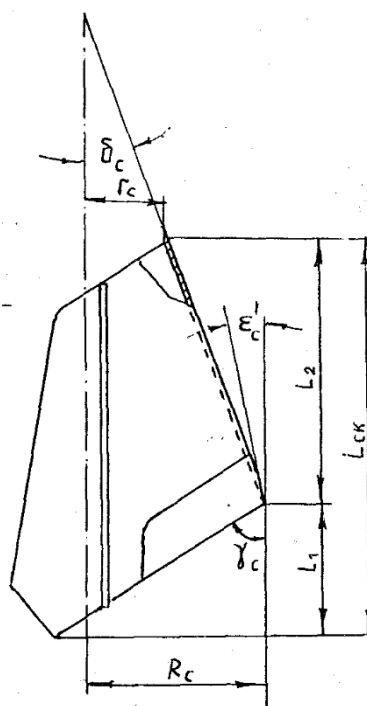


Рисунок 2.3 – Для визначення параметрів поверхні усіченого конуса

З урахуванням технологічної специфіки процесу посадки й з метою спрощення конструкції машини для нарізки канавок нами використаний фрезерний робочий орган, що для поліпшення виїмки ґрунту має зворотне обертання. Такий робочий орган утворений диском з ножами С-подібного

профілю (рис. 2.4). Основними його параметрами є: діаметр, число ножів, колова швидкість різання (частота обертання вала), поступальна швидкість. Параметрами самого ножа є: кут установки ножа на диску, довжина крила, висота комірки /довжина радіальної частини ножа/, задній кут різання радіальної ділянки комірки.

Головним завданням роботи даного розділу є дослідження й оптимізація параметрів пристроїв активного типу для утворення посадкових канавок.

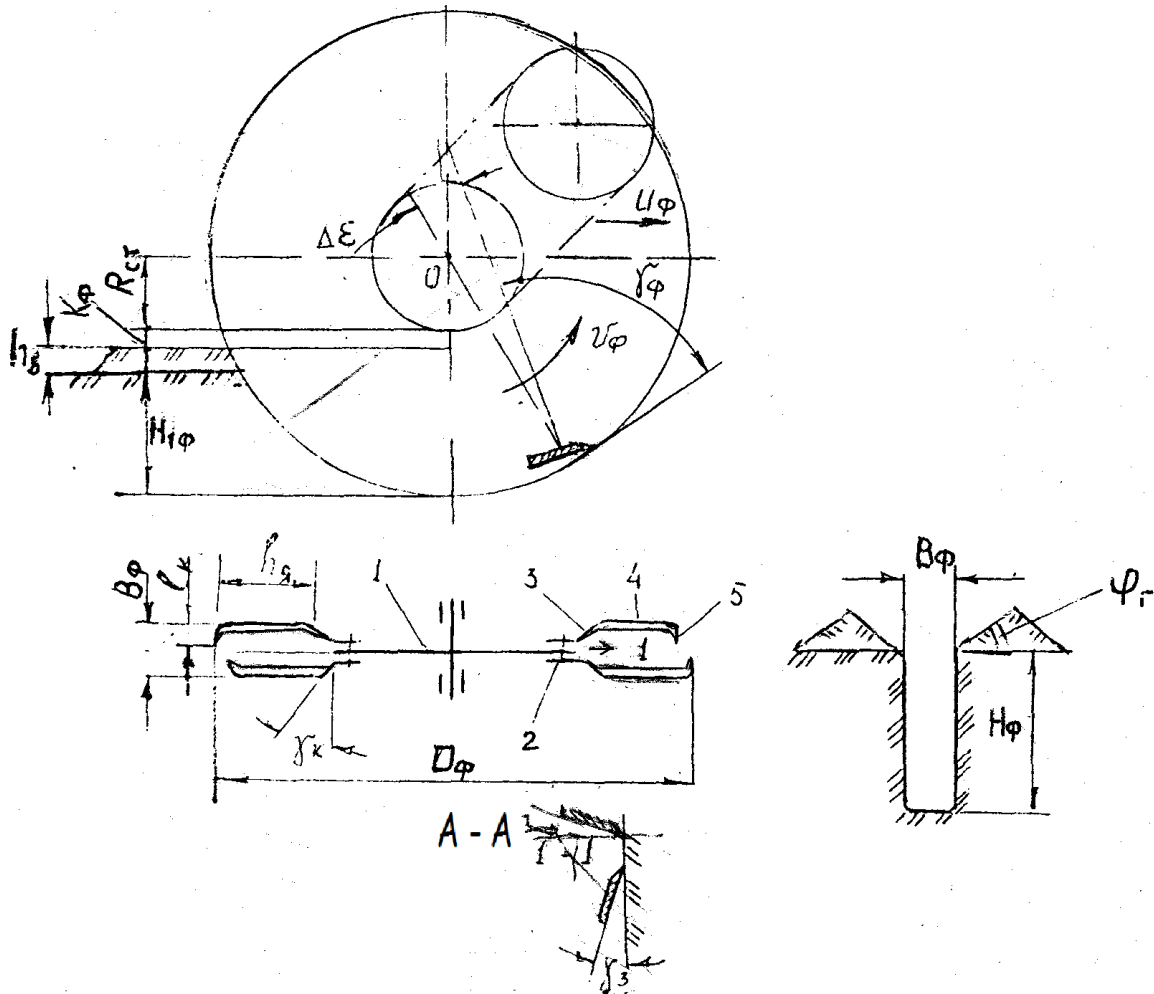


Рисунок 2.4 – Схема фрезерного робочого органу: 1 – диск, 2 – хвостовик, 3 – закрилок, 4 – радіальна частина, 5 – крило

Для рішення цього завдання програмою досліджень передбачалося провести: 1) аналіз роботи скребкових і фрезерного робочих органів; 2) експериментальне дослідження процесу, виконуваного зазначеними робочими органами для перевірки вірогідності теоретичного аналізу, визначення якісних показників канавкоутворювача, енергоємності й ефективності процесу.

2.2. Теоретичні дослідження процесу утворення посадкової канавки

2.2.1. Аналіз роботи скребкового робочого органа. Основна агротехнічна вимога до робочого органа для утворення посадкової канавки – забезпечити оптимальне розпушування ґрунту в зоні посадки з метою створення сприятливих умов приживлюваності підщеп. Тому скребок повинен підрізати тонкий шар ґрунту, виймати його з одночасним розпушуванням і укладати по обидві сторони канавки, що утвориться.

Тому що цей робочий орган повинен технологічно компонуватися з посадковою секцією саджалки підщеп, виїмка ґрунту в процесі утворення канавки не повинна перешкоджати роботі операторів, що обслуговують секції.

Як ми вже відзначали скребок являє собою комбінацію тригранного клина, розташованого перед поверхнею усіченого конуса. Розглянемо параметри, що характеризують форму тригранного клина. Кут кришення дорівнює сумі кутів:

$$\beta_{\bar{n}} = i_{\bar{n}} + \delta_{\zeta} , \quad (2.1)$$

де δ_{ζ} – задній кут різання.

Для забезпечення міцності леза кут загострення повинен бути рівним 15...20°. Значення заднього кута повинне бути не менш 10°, тому що при менших значеннях і затупленні леза виникає потилична фаска й стає нестійкий хід клина по глибині [12]. Виходячи із цього, найменше значення кута β_{ζ} для клина, що має нижнє заточення леза, повинне бути 25...30°. Саме це значення рекомендоване В.І. Баловнєвим для вигнутого леза, з яким компонується в скребку тригранний клин [11].

При виборі кута скосу леза γ_{ζ} приймалися наступні міркування. Зміна цього кута (за даними Л.А. Грачова й С.М. Каплан) [12] впливає на величину статичного й динамічного опорів шару ґрунту при роботі тригранного клина. Розгляд залежності сумарного значення цих опорів від γ_{ζ} показує, що для клина доцільне значення $\gamma_{\zeta} = 40...50^\circ$.

Виходячи з функціональної особливості, скребок повинен забезпечити не тільки різання, але й транспортування ґрунту. Тому поверхня скребка підібрана таким чином, щоб зрізується шар ґрунту, що рухався по внутрішній його частині й обрушувався по напрямку руху скребка, утворюючи призму волочіння. Конструктивно скребок виконаний так, що ріжуча крайка леза конічної частини є продовженням ріжучої крайки тригранного клина зі збереженням кута різання. Конічна частина скребка являє собою частину подовжньо спрямованого конуса,

відсіченого двома паралельними вертикальними площинами, розташованими під кутом γ_c стосовно поздовжнього напрямку.

Величина кута δ_c між твірною конічної поверхні й поздовжньою вертикальною площиною, що збігається зі стінкою канавки, повинна відповідати вираженню:

$$\delta_c \geq i_c + \varepsilon'_c. \quad (2.2)$$

Для виключення затору переміщення ґрунту усередині конуса необхідно також виконання другої умови, що полягає в тому, що

$$\delta_c \leq \varphi_c, \quad (2.3)$$

де φ_c – кут тертя ґрунту об сталь; для важких суглинків $\varphi_c = 22...42^\circ$ і залежить від типу ґрунту й вологості [19].

Таким чином, приймаючи $i_c = 15^\circ$ і $\delta_c = 7^\circ$, одержимо $\delta_c \geq 22^\circ$.

Радіус r_c вибирається з умови виключення залипання ґрунтом робочого органа: $r_c \geq 0,015$ м [19]. Радіус великої основи конічної частини скребка знаходиться з геометричних співвідношень (дивися рис. 2.2) як

$$R_c = \frac{h_c - (0.5 \cdot B_K - \Delta_c) \cdot \operatorname{tg} \delta_K}{1 + \cos \delta_K - \operatorname{tg} \delta_K (1 - \sin \delta_K)}, \quad (2.4)$$

де $\Delta_c = 7...15$ мм – технологічний зазор між поздовжньою площиною симетрії ланцюгового контуру й консольних кінців шкребків. Кут δ_K визначається з необхідності самовивантаження ґрунту, що перебуває на скребку після виходу його на поверхню. Для цього необхідно, щоб

$$\delta_K \geq \varphi_c. \quad (2.5)$$

У той же час повинне виконуватися рівність, що впливає з геометрії усіченого конуса

$$R_c = r_c + l'_c \cdot \sin \delta_c. \quad (2.6)$$

Ширина й висота скребка визначаються рівностями

$$b_c = \Delta_c + b_K + b_l = 0.5 \cdot B_K, \quad (2.7)$$

$$h_c = (r_c + l'_c \cdot \sin \delta_c) \cdot [1 + \cos \delta_K - \operatorname{tg} \delta_K \cdot (1 - \sin \delta_K)] + \operatorname{tg} \delta_K (0.5 \cdot B_K - \Delta_c). \quad (2.8)$$

Висота скребка залежить також від швидкості ланцюгового контуру й швидкості поступального переміщення [12]:

$$h_c = H_k \cdot u_c \cdot \varepsilon_c \cdot K_p \cdot (v_c \cdot \varepsilon_a \cdot \Delta_n)^{-1}, \quad (2.9)$$

де K_p – коефіцієнт розпушення ґрунту, $K_p = 1,1 \dots 1,3$;

ε_c – коефіцієнт повноти виїмки ґрунту, обумовлений як відношення глибини канавки до глибини ходу робочого органа;

Δ_n – коефіцієнт обліку пересипання ґрунту через скребок, $\Delta_n = 0,8 \dots 0,92$;

ε_3 – коефіцієнт, що враховує ступінь заповнення міжскребкового простору.

Залежність (2.9) при фіксованих значеннях $H_k = 0,3$ м, $K_n = 1,2$; $\Delta_n = 0,85$; $\varepsilon_3 = 0,9$ представлена графічно на рисунку 2.5. З ростом швидкості поступального переміщення робочого органа з 0,1 до 0,3 м/с необхідна висота скребка при $v_c = 2$ м/с зростає з 0,02 до 0,065 м. Це пов'язане з ростом подачі ґрунту на скребок. Навпроти, ріст швидкості ланцюга скребка з 1,5 до 2,5 м/с при $u_c = 0,2$ м/с дозволяє зменшити висоту скребка з 0,062 до 0,037 м.

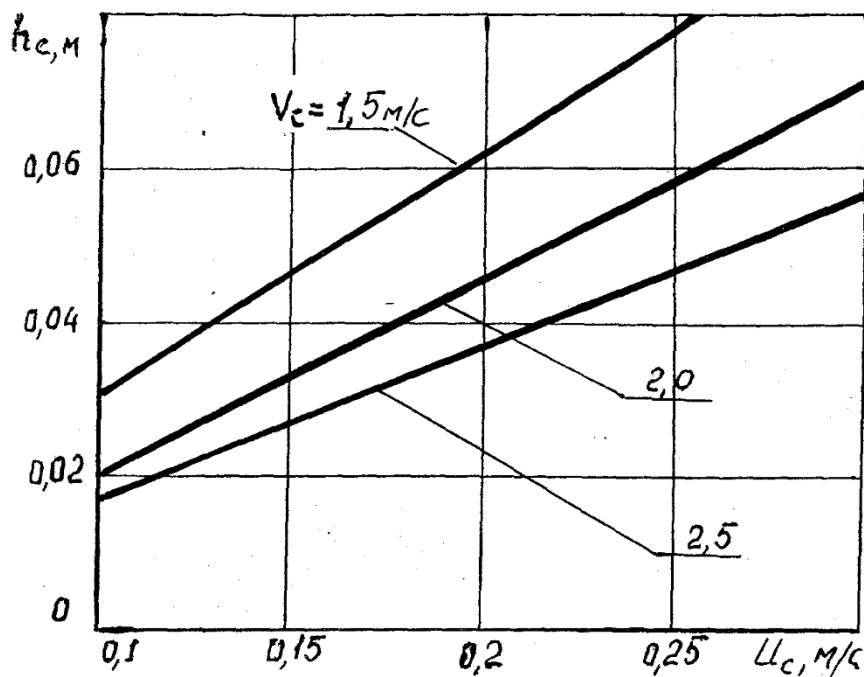


Рисунок 2.5 – Залежність висоти скребка h_c від швидкості поступального переміщення u_c робочого органу і відносної швидкості скребка v_c

З огляду на те, що швидкість поступального переміщення посадкової машини, на якій установлений скребковий робочий орган, не перевищує $u_c = 0,25 \dots 0,3$ м/с, і приймаючи $v_c = 2,5$ м/с, одержимо $h_c = 0,06$ м.

Ширина й висота клина зв'язані між собою геометрично й знаходяться як

$$h_K = b_K \operatorname{tg} \delta_K, \quad (2.10)$$

$$b_K = 0.5 \cdot B_K - \Delta_C - R_C(1 - \sin \delta_K). \quad (2.11)$$

Крок постановки скребків визначається у зв'язку з максимальними розмірами призми волочіння ґрунту, розміщеної перед скребком при виключенні пересипання через нього ґрунту. Припускаємо рівномірний розподіл ґрунту по всій ширині скребка й міжскребкового проміжку. Тоді, виходячи з геометрії поздовжнього профілю призми волочіння й з урахуванням її обмеження зверху поверхнею під кутом $\varphi_z = 30 \dots 45^\circ$, геометричних взаємозв'язків між параметрами (див. рис. 2.2 і 2.3), а також того, що для самого скребка у зв'язку з його геометричними параметрами тільки близько 50% його обсягу зайнято ґрунтом, визначимо розрахункову відстань між скребками:

$$l_p = 2 \cdot h_c(1 - \varepsilon_a) / \operatorname{tg}(\alpha_c - \varphi_r) + 0.5 \cdot l_{CK}. \quad (2.12)$$

Графік залежності розрахункового кроку скребка від коефіцієнта заповнення ґрунтом міжскребкового проміжку, представлений на рисунку 2.6, показує, що при необхідності збільшення коефіцієнта заповнення від 0,8 до 0,95, крок постановки скребків повинен зменшуватися від 0,17...0,22 м до 0,06...0,07 м. Те саме значення коефіцієнта заповнення можна одержати при різному кроці розміщення скребків і відповідній його висоті. Більшій висоті скребка відповідає більший крок. Так $\varepsilon_z = 0,85$ можна забезпечити при $l_p = 0,126$ м і при $h_c = 0,05$ м, а також при $l_p = 0,017$ м і $h_c = 0,070$ м. Фактичний крок l_c постановки скребків ув'язаний з конкретним кроком втулково-роликового ланцюга.

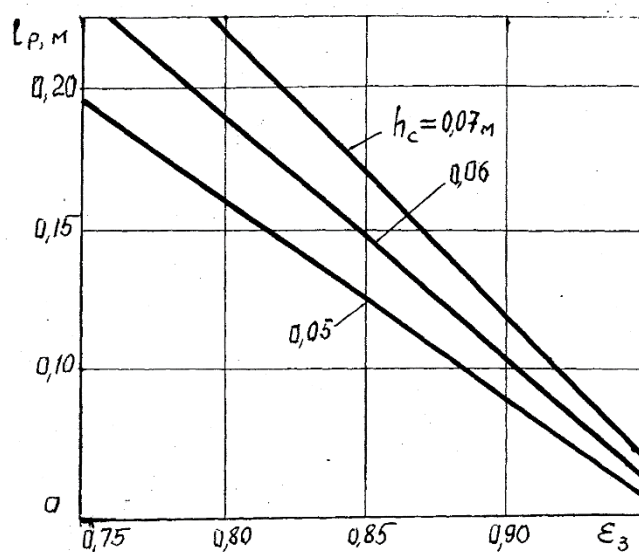


Рисунок 2.6 – Залежність розрахункового кроку скребків l_c від коефіцієнту ε_z заповнення міжскребкового простору для різної висоти скребка h_c

Довжина робочої ділянки ланцюга зі скребками визначається з конструктивних міркувань і максимальної глибини канавки.

Режимні параметри швидкості ланцюга й швидкість поступального переміщення робочого органа в сукупності з геометричними параметрами визначають геометричну прийнятність процесу розпушування, що супроводжує канавкоутворення, і ступінь заповнення міжскребкового проміжку. У цьому зв'язку доцільний розгляд кінематики робочого органа.

Скребки в процесі утворення канавки беруть участь у двох рухах: у поступальному, переносному зі швидкістю u_c і відносному, дорівнює швидкості ланцюга v_c . Кінематичний параметр скребкового робочого органа визначається як

$$\lambda_c = v_c / u_c . \quad (2.13)$$

Подача ґрунту на один скребок перебуває з рівності

$$C_c = l_c / \lambda_c . \quad (2.14)$$

З огляду на те, що величина рекомендується швидкості ланцюга перебуває в межах від 1,5 до 2,5 м/с [12], а швидкість поступального руху машини при посадці підцеп звичайно варіює в діапазоні від 0,10 до 0,35 м/с, величина λ_c міняється від 5 до 30. Тоді для різної величини кроку розміщення скребків одержимо графічну залежність вираження (2.14), зображену на рис. 2.7. Ріст λ_c від 5 до 30 приводить до збільшення подачі ґрунту на скребок від 5...7 до 2...4 мм при зміні l_c від 0,1 до 0,2 м. Збільшення кроку з 0,1 до 0,2 м при $\lambda_c = 5...10$ викликає ріст подачі практично в 2 рази від 0,01...0,02 до 0,02...0,04 м. Відомо, що робоча подача ґрунту на ніж, рівна 0,03...0,06 м для просапних фрез, дає якісне його розпушування відповідно до агрономог [19], у той же час здрібнювання ґрунту на окремі агрегати менш 2 мм не бажано. Цим вимогам, як видно із графіка, відповідає зазначений режим роботи.

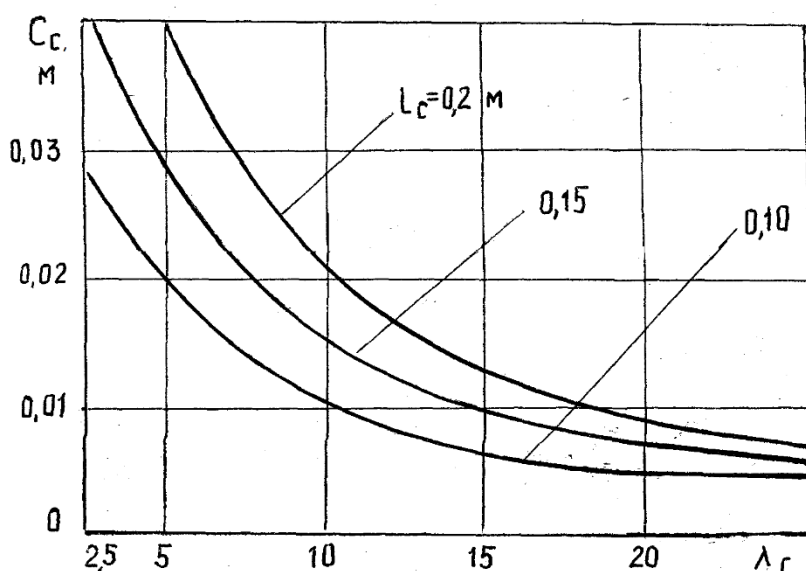


Рисунок 2.7 – Залежність подачі ґрунту на скребок C_c від кінематичного параметру λ_c при різному кроку скребків l_c

Таким чином, теоретичним аналізом нами встановлені залежності, що зв'язують основні геометричні й режимні параметри скребкового робочого органа, і розроблені методичні основи їхнього визначення.

2.2.2. *Аналіз роботи фрезерного робочого органа.* Для утворення канавок при ручній посадці підщеп плодових культур використовується також фрезерний робочий орган з горизонтальною віссю обертання. Параметри цього робочого органа визначаються стосовно до технологічного процесу.

Діаметр фрези (по консольних кінцях ножів) перебуває з конструктивно-технологічних міркувань, як:

$$D_{\phi} = 2 \cdot (H_{\phi} / \varepsilon_{\phi} + h_{\phi} + R_{ст} + K_{\phi}), \quad (2.15)$$

де H_{ϕ} – глибина канавки для посадки підщеп, що по агротехнічних вимогах залежно від типу підщеп становить від 0,2 до 0,3 м (див. рис. 2.4);

ε_{ϕ} – коефіцієнт повноти виїмки ґрунту, $\varepsilon_{\phi} = 0,8 \dots 0,9$;

$R_{ст}$ – габаритний розмір від осі вала до нижньої точки приводного редуктора визначається конструктивно;

K_{ϕ} – кліренс, необхідний для робочого проходу фрези, приймається 0,05-0,10 м;

h_{ϕ} – висота ґрунтового валка. Вона знаходиться з урахуванням обсягу виїнятого ґрунту, що має переріз у вигляді рівнобедреного трикутника з кутами природного укосу в основі.

Число однобічних (лівих або правих) ножів, які монтуються на диску в шаховому порядку, пропорційно діаметру D_ϕ і швидкості поступального переміщення робочого органа u_ϕ і обернено пропорційно відносній коловій швидкості ножів v_ϕ і подачі ґрунту на ніж

$$z_\phi = \pi \cdot D_\phi / (\lambda_\phi \cdot C_\phi)^{-1}, \quad (2.16)$$

де λ_ϕ – кінематичний параметр фрези, $\lambda_\phi = v_\phi / u_\phi$.

Величина подачі ґрунту на ніж повинна становити не більше 0,03...0,04 м за аналогією з агровимогами на фрезерну обробку при обробленні просапних культур. Ця умова створює кришення ґрунту, достатнє для забезпечення високої приживлюваності підщеп. Поступальна швидкість переміщення робочого органа обмежується потужністю, необхідної для його приводу й визначається експериментально.

Колова швидкість фрези на відомих копальниках перебуває в межах 7...9 м/с і вимагає уточнення до технологічного процесу при експериментальних дослідженнях. Кут установки ножа визначається з відомої рівності [10]:

$$\gamma_\phi = \arccos(1/ \lambda_\phi + l_k / D_\phi), \quad (2.17)$$

де l_k – ширина крила ножа, приймається 0,04...0,05 м.

Довжина крила дорівнює половині ширини канавки. Розміри ножа визначаються з розрахунку зрізу й виносу ґрунту на поверхню поля при утворенні канавки.

Для визначення висоти комірки ножа h_y проаналізуємо її вплив на продуктивність фрезерного робочого органа (див. рис. 2.4). Винос ґрунту, що зрізується, виконується ножами фрези в кільцевому просторі, обмеженому зовні траєкторіями консольних кінців крил ножів, радіальними частинами ножів, що визначають висоту комірки й радіусом закрилка. Він дорівнює продуктивності робочого органа

$$B_\phi \cdot n_\phi \cdot \varepsilon_a \cdot \pi / 4 \cdot [(D_\phi^2 - (D_\phi - 2 \cdot h_y)^2)] = H_\phi \cdot B_\phi \cdot u_\phi \cdot \varepsilon_\phi \cdot K_p, \quad (2.18)$$

де ε_a – коефіцієнт, що враховує заповнення ґрунтом міжножового проміжку в кільцевому об'ємі. Для робочих органів такого типу може бути прийнятий $\varepsilon_a \leq 0,5$ [9];

v_y – середня колова швидкість комірки фрези;

n_ϕ – частота обертання вала фрези, с^{-1} .

Вирішуючи цю рівність відносно h_y , одержимо:

$$h_{y1,2} = 0.5 \cdot D_\delta \pm \sqrt{\varepsilon_a^2 \cdot \pi^2 \cdot n_\delta^2 \cdot D_\delta^2 - 4 \cdot \varepsilon_\delta \cdot \varepsilon_a \cdot n_\delta \cdot \pi \cdot K_p \cdot H_\delta \cdot u_\delta} / (2 \cdot \varepsilon_a \cdot n_\delta \cdot \pi). \quad (2.19)$$

Із двох рішень даного рівняння вибираємо друге зі знаком "-", тому що $h_y < 0.5 D_\delta$

$$h_y = 0.5 \cdot D_\delta - \sqrt{\varepsilon_a^2 \cdot \pi^2 \cdot n_\delta^2 \cdot D_\delta^2 - 4 \cdot \varepsilon_\delta \cdot \varepsilon_a \cdot n_\delta \cdot \pi \cdot K_p \cdot H_\delta \cdot u_\delta} / (2 \cdot \varepsilon_a \cdot n_\delta \cdot \pi). \quad (2.20)$$

Знайдена залежність висоти комірки ножа від поступальної швидкості й коефіцієнта ε_a (при постійних $v_\phi = 7$ м/с, $\varepsilon_\phi = 0,85$, $K_p = 1,2$) представлена графічно на рис.2.8. Зростання поступальної швидкості з 0,2 до 0,5 м/с, тобто в 2,5 рази спричиняє необхідність збільшення висоти комірки також в 2,5 рази до 0,05 м. Зниження коефіцієнта заповнення ґрунтом міжножового проміжку з 0,5 до 0,3 при $u_\phi = 0,5$ м/с викликає потребу збільшення висоти комірки з 0,05 до 0,08 м.

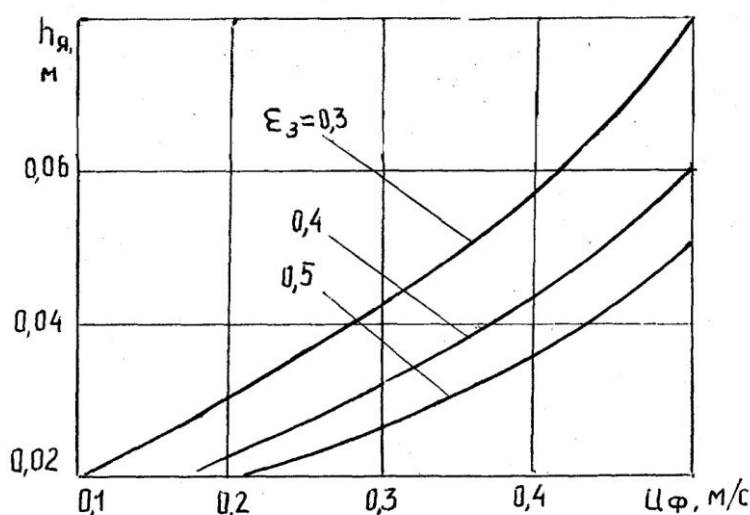


Рисунок 2.8 – Вплив поступальної швидкості u_ϕ переміщення фрезерного робочого органа на висоту комірки h_y ножа для $\varepsilon_a = 0,3$; 0,4 і 0,5 при $v_\phi = 7$ м/с

Відповідно до прийнятого в теорії різання ґрунту параметрами величина заднього кута різання для радіальної частини ножа береться близько 10° і конструктивно досягається шляхом відповідного кута вигину в переході від закрилка до хвостовика. Закрилок установлюється під кутом $30...45^\circ$ до радіуса для забезпечення сходу ґрунту під дією сили ваги й відцентрової сили. У такий спосіб представлені залежності дозволяють визначити геометричні параметри фрезерного робочого органа.

РОЗДІЛ 3. ПРОГРАМА, МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Ціль експериментальних досліджень – перевірка вірогідності отриманих аналітичних залежностей, обґрунтування режимних параметрів скребкових і фрезерного робочих органів і визначення якісних показників виконуваних технологічних процесів.

Програма досліджень включала визначення: 1) впливу швидкості поступального переміщення скребкового робочого органа, швидкості ланцюгового контуру, кута нахилу робочої вітки контуру до горизонту й глибини ходу робочого органа на коефіцієнт повноти виїмки ґрунту, питому енергоємність процесу канавкоутворювача й тяговий опір робочого органа; 2) впливу колової й поступальної швидкостей на питому енергоємність канавкоутворювача й коефіцієнт повноти виїмки ґрунту фрезерного робочого органа; 3) якісних і енергетичних показників роботи макетних зразків саджалки підщеп з використанням скребкових робочих органів і машини для нарізки борозен із фрезерним робочим органом.

3.1.1. Методика досліджень у лабораторних умовах. Експерименти по п. 1 виконувалися із застосуванням лабораторного скребкового канавкоутворювача, схема якого представлена на рисунку 3.1. Він містить замкнутий ланцюговий контур з лівими й правими скребками 9. Установка, за допомогою гідронавіски монтується в ґрунтовому каналі на рухливу платформу, що переміщається по напрямних. Перед ланцюговим контуром розміщений подільник-відбивач 11 ґрунту, виконаний у вигляді чотиригранної призми з вертикальними гранями. Для ковзання ґрунту по гранях кут призми прийнятий менше подвійного кута тертя ґрунту об сталь і становить $\alpha_n = 50^\circ$, а ширина захвата дорівнює ширині канавки. У процесі утворення канавки відбувається послідовно виїмка ґрунту й укладання його з боків від канавки з коректуванням траєкторії ґрунту об подільник-відбивач.

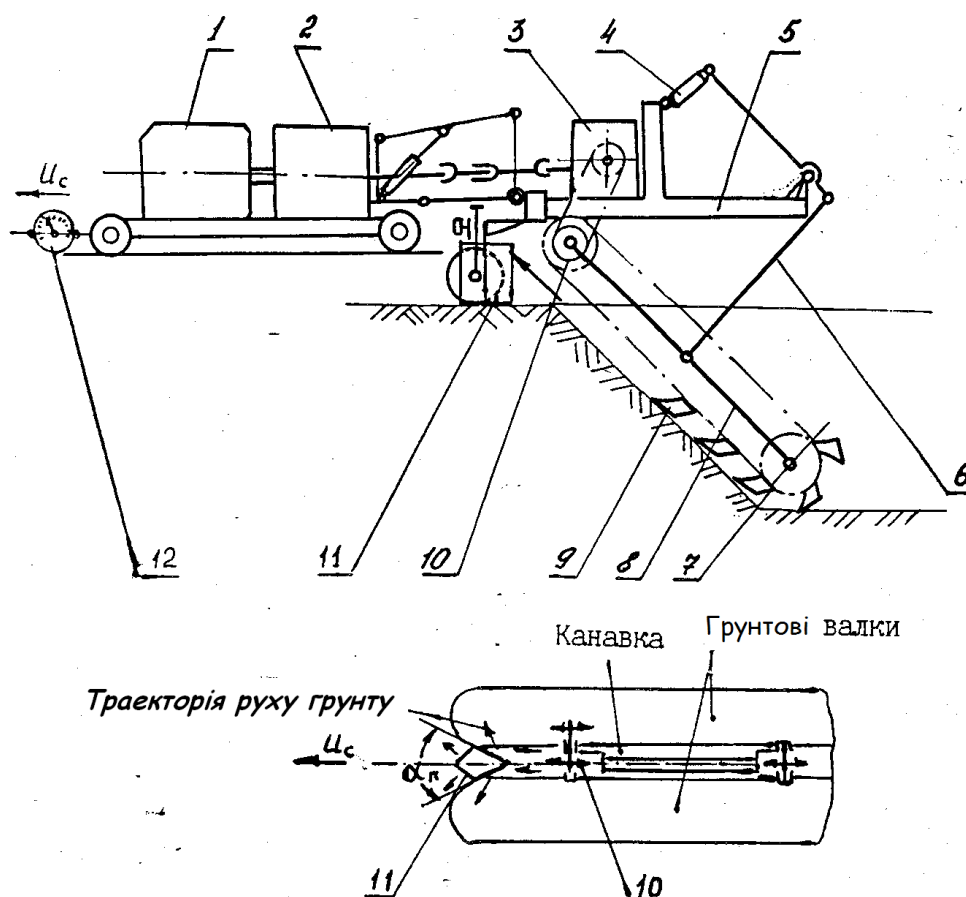


Рисунок 3.1 – Схема лабораторної установки (на проекції – вид в плані рама і привід умовно не показані): 1, 2, 3 – електропривод з варіатором, 4 – регульована по довжині ланка, 5 – рама, 6 – поводок, 7, 10 – зірочки ланцюгового контуру, 8 – рамка контуру, 9 – скребок, 11 – подільник-відбивач, 12 – динамометр

На підставі теоретичного аналізу для скребкового робочого органа (п. 2.2.1) визначені й задані наступні параметри: 1) параметри тригранного клина скребка: кут різання (кришення) 25° ; кут скосу леза 50° ; ширина й висота клина 0,032 і 0,019 м; 2) параметри поверхні усіченого конуса: кут між твірною конічної поверхні й поздовжньою вертикальною площиною 22° ; радіуси великої й малої основ конічної поверхні 0,032 і 0,015 м; 3) висота й ширина захвата скребка 0,065 і 0,04 м; 4) кут заточення ріжучої крайки 15° ; 5) довжина твірної усіченого конуса скребка 0,045 м; 6) крок розміщення скребків при використанні ланцюга ПР-38,1 0,1524 м; 7) кут нахилу робочої вітки до горизонту $40...50^\circ$; 8) швидкість ланцюгового контуру 2...4 м/с; 9) швидкість поступального руху установки 0,08...0,40 м/с.

З використанням цієї лабораторної установки визначався вплив швидкості поступального руху скребкового робочого органа, швидкості ланцюгового контуру, кута нахилу робочої вітки контуру до горизонту й заглиблення

робочого органа на коефіцієнт повноти виїмки ґрунту, питому енергоємність канавкоутворювача й тяговий опір робочого органа.

Коефіцієнт повноти виїмки ґрунту скребковим робочим органом визначався як відношення глибини H_c канавки, що утвориться, до глибини ходу H_{lc} робочого органа:

$$\varepsilon_c = H_c / H_{lc} . \quad (3.1)$$

Тяговий опір P_c , кН визначався за допомогою модернізованого динамометра ДПУ- 05-2, пов'язаного з осцилографом, схема якого представлена на рисунку 3.2. Питома енергоємність процесу була знайдена як відношення повної споживаної потужності N_c на привід до продуктивності Π_c робочого органа:

$$A_c = N_c / \Pi_c, \text{кДж/м}^3, \quad (3.2)$$

$$N_c = N'_c + P_c \cdot U_c, \text{кВт}, \quad (3.3)$$

$$\Pi_c = B_c \cdot H_c \cdot U_c, \text{м}^3 / \text{с}, \quad (3.4)$$

де N'_c – потужність на привід ланцюгового контуру зі скребками, що визначалася за допомогою вимірювального комплексу ДО-51. Швидкість поступального переміщення визначалася на підставі виміру секундоміром часу проходження установкою контрольного шляху довжиною 5 м. Ширина канавки відповідно до агрономог становила 0,11 м.

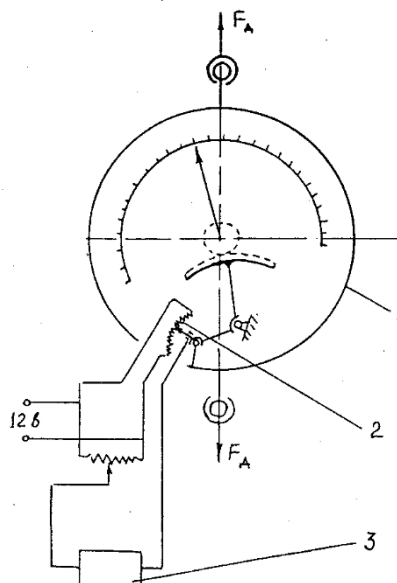


Рисунок 3.2 – Схема пристрою для вимірювання і запису зусилля: 1 – динамометр ДПУ-0,5-2; 2 – реохордний датчик; 3 - осцилограф

В окремих дослідях параметри, що визначають шукані залежності, мали наступні значення: $u_c = 4,00, 0,08; 0,20; 0,32$ м/с; $v_c = 2,5; 3,0; 3,5$ м/с; кут нахилу до горизонту робочої вітки ланцюгового контуру $\alpha_c = 40; 45$ і 50° , глибина ходу $H_c = 0,24; 0,28$ і $0,32$ м.

Досліди проводилися в ґрунтовому каналі, де перебував типовий для умов оброблення розплідника по механічному складі ґрунт – середня глина з вологістю у верхньому шарі $0,01...0,25$ м від 15 до 17% при твердості $2,5...3,0$ МПа, також відповідною середньостатистичним умовам.

Експерименти по п.2, зазначеної програми виконані на лабораторній установці із фрезерними робочими органами, що навішані на платформу 9, яка переміщається в ґрунтовому каналі за допомогою тягових ланцюгів 6, куди включений динамометр 10 марки ДПУ-0, 5-2, пов'язаний з осцилографом (рис. 3.3).

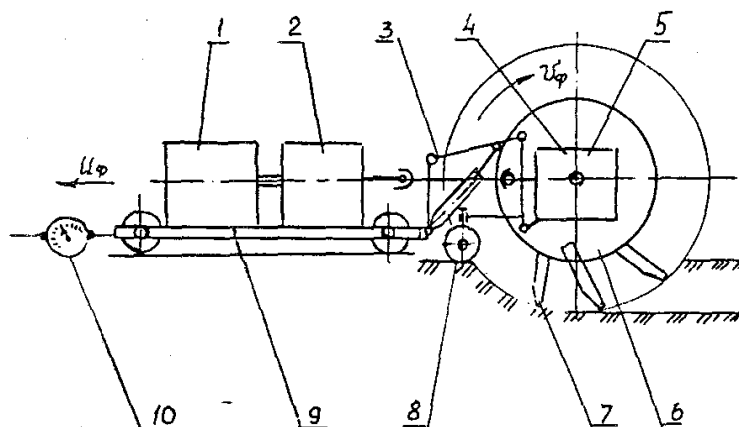


Рисунок 3.3 – Схема лабораторної установки з фрезерними робочими органами: 1, 2 і 4 – електропривод з варіатором; 3 – механізм гідронавіски; 5 – вал; 6 – диск; 7 – С-подібні ножі; 8 – опорне колесо; 9 – платформа ґрунтового каналу; 10 – динамометр

Прийнято такі параметри установки: 1) діаметр фрези 1 м; 2) число ножів на диску лівих і правих 12 штук; 3) геометричні параметри С-подібного ножа: кут установки крила ножа до радіуса 83° ; задній кут різання для радіальної частини 10° ; довжина крила ножа 0,05 м; висота комірки 0,08 м.

З використанням цієї установки виконані експериментальні дослідження з визначення коефіцієнта повноти виїмки ε_ϕ і питомої енергоємності фрезерного робочого органа від колової і поступальної його швидкостей. Коефіцієнт ε_ϕ визначалося як відношення глибини H_ϕ канавки, що утворюється, до глибини ходу $H_{l\phi}$ робочого органа

$$\varepsilon_\phi = H_\phi / H_{l\phi} . \quad (3.5)$$

У ході експериментів режимні параметри мали наступні значення: $u_{\phi} = 0,1; 0,25$ і $0,4$ м/с; колова швидкість фрезерних ножів $v_{\phi} = 6,0; 7,5$ і $9,0$ м/с; $H_{1\phi} = 0,28$ м; ширина канавки $0,11$ м.

Умови проведення досвідів по характеристиці ґрунту були ідентичні з умовами при дослідженні скребкового робочого органа. При виконанні дослідів як зі скребковим так і із фрезерним робочими органами використана методика математичного планування експериментів.

3.1.2 Методика польових досліджень. Експерименти по п.3 програми виконані із застосуванням макетних зразків чотирирядної саджалки підщеп зі скребковими робочими органами й чотирирядною машиною для нарізки посадкових канавок із фрезерними робочими органами. Макетний зразок саджалки СПН-4 розроблений на базі розсадосадильної машини СКН-6А и містить брус із опорними колесами, чотири садильні секції, маркери й водополивні патрубки (рис. 3.4) [13]. Садильна секція включає скребковий канавкоутворювач, дисковий садильний апарат із захватами, загортачі, прикочувальні котки й два сидіння для робітників. Канавкоутворювач змонтований на рамці, що закріплена шарнірно щодо приводного вала. Привід виконується від вала відбору потужності трактора. Для коректування напрямку виносу й укладання ґрунту у валки з боків канавки перед ланцюговими контурами разом із захисними кожухами встановлені подільники-відбивачі. Кількість спеціальних захватів для підщеп на кожному садильному апараті збільшено до шістнадцяти для зменшення кроку посадки до $0,12$ м.

Технічні дані зразка машини: ширина міжрядь при чотирирядному варіанті посадки $0,7...0,9$ м або стрічкова схема посадки $2 \times 0,7 (0,9) + 1,4 + 2 \times 0,7 (0,9)$ м; крок посадки $0,12...0,28$ м; ширина канавки $0,11$ м; глибина до $0,3$ м; робоча швидкість $0,4...0,8$ км/год; обслуговуючий персонал: 8 садильниць і 2 підправлячі; агрегатується із трактором класу 1,4 або 2.

Макетний зразок чотирирядної машини МНБ-4 для нарізки борозен (канавок) і наступною ручною посадкою підщеп, містить трубчастий вал 7, на якому за допомогою складених маточин закріплені рознімні диски із С-подібними фрезерними ножами – лівими й правими (рис.3.5). Така конструкція маточин і дисків 2 дозволяє виконувати оперативне регулювання розміщення робочих органів по ширині захвата й при необхідності демонтувати частину дисків з ножами. Диски з'єднані з маточинами за допомогою запобіжних фрикційних муфт, які виключають поломку ножів при зустрічі з перешкодою (каменями, металом, деревиною й іншими включеннями).

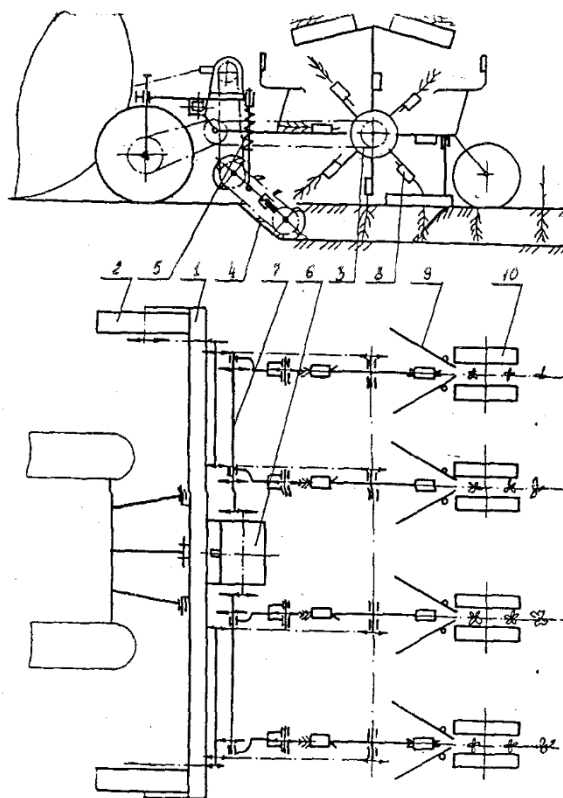


Рисунок 3.4 – Схема макетного зразка саджалки підщеп (СПН-4): 1 – брус, 2 – опорне колесо, 3 – садильний апарат, 4 – скребковий канавко утворювач, 5 – пружина, 6 – редуктор, 7 – вал приводу, 8 – захвати рослин, 9 – загортачі, 10 – прикочу вальні котки, 11 – кожух з подільником-відбивачем ґрунту

Технічні дані: ширина міжрядь при чотирирядному варіанті 0,7...0,9 м або стрічкова схема посадки 2 x 0,7 (0,9) + 1,4 + 2 x 0,7 (0,9) м; ширина й глибина канавки 0,11 і 0,3 м; робоча швидкість 0,4...0,8 км/год; діаметр фрези 1 м; частота її обертання 2,5 з 5-1 0; агрегується із трактором класу 1,4 або 2.

У ході експериментів за стандартною методикою визначалися: характеристика посадкового матеріалу й умов випробувань; якісні показники процесу: швидкість руху машини, швидкість ланцюгового контуру, частота обертання фрез, глибина посадки, крок посадки, агрегатний склад ґрунту в місці посадки й приживлюваність підщеп. Останні два показники рівнялися з даними, які отримані в цих же умовах при нарізці канавки прийнятим для саджалки СШН-3 анкерним сошником. Шляхом хронометражу встановлювали продуктивність саджалки й машини для нарізки борозен.

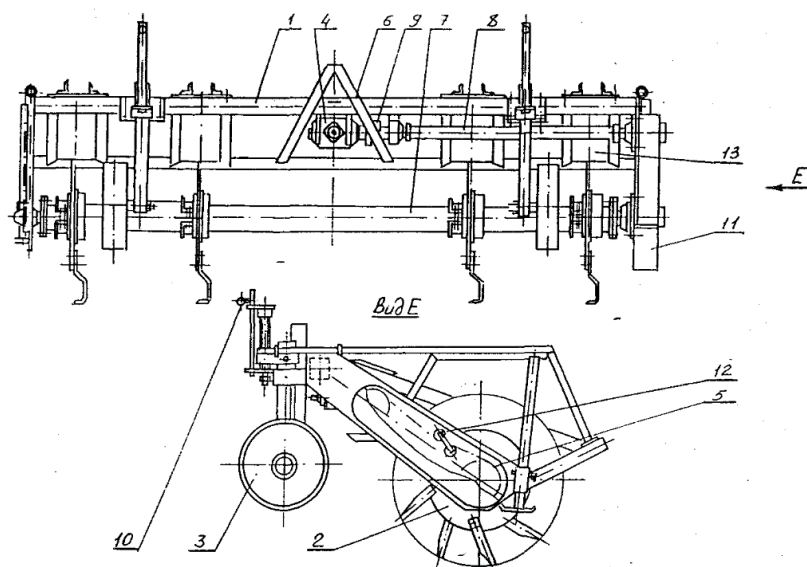


Рисунок 3.5 – Схема макетного зразка чотирирядної машини МНБ-4 для нарізання посадкових борозен: 1 – рама, 2 – диск з С-подібними ножами, 3 – опорне колесо, 4 – редуктор, 5 – ланцюгова передача, 6 – навіска, 7 – вал, 8 – проміжний вал, 9 – муфта, 10 – регульовальна ручка, 11, 13 – захисні кожухи, 12 – натяжний пристрій

Енергооцінка виконувалася по двох показниках: тяговий опір машини й витрата потужності на привід робочих органів. Тяговий опір визначався з використанням стандартного методу агрегування трактора ЮМЗ-6Л з саджалкою СПН-4 (або машиною МНБ-4) іншим трактором ЮМЗ-6Л. У тязі, що з'єднує обоє трактора, включений динамограф конструкції В.П. Горячкіна із записом зусилля на паперову стрічку.

Потужність на привід скребкових і дискофрезерних робочих органів визначалася шляхом тензометрування. При цьому на спеціальному карданному валу, що приводить робочі органи в рух, монтувалися тензодатчики. Були використані тензопідсилювач 8АНЧ-7М и осцилограф Н-700, установлені на спеціальній платформі. Ця апаратура фіксувала на осцилограмі крутний момент для приводу: M'_c скребкових, M'_f дискофрезерних робочих органів, кНм. У ході досвідів швидкість поступального руху варіювала в таких межах: для СПН-4 0,1...0,2 м/с, для МНБ-4 0,16...0,28 м/с.

3.2. Результати експериментальних досліджень

3.2.1. Показники лабораторного етапу досліджень. Відповідно до методики досліджень для скребкового робочого органа залежність коефіцієнта

повноти виїмки ґрунту ε_c від швидкості u_c і v_c , кута нахилу робочої вітки α_c і величини заглиблення H_{1c} (глибини ходу) визначена як:

$$\begin{aligned} \varepsilon_N = & 0,835 + 0,283 \cdot U_c + 0,566 \cdot V_c + 0,0357 \cdot \alpha_c - 11,6 \cdot H_c - 0,364 \cdot U_c^2 - \\ & - 0,135 \cdot U_c \cdot V_c + 0,00729 U_c \cdot \alpha_c - 0,13 U_c \cdot H_{1c} - 0,0799 V_c^2 \cdot C - 2,25 \cdot 10^{-3} V_c \cdot \alpha_c + \\ & + 0,94 V_c \cdot H_{1c} - 41 \cdot 10^{-5} \alpha_c + 0,0344 \alpha_c \cdot H_{1c} + 15,5 H_{1c}^2 \end{aligned} \quad (3.6)$$

На рисунку 3.6 графічно показано знайдений з (3.6) вплив заглиблення робочого органа H_{1c} і кута нахилу робочої вітки α_c на згаданий коефіцієнт ε_c . При збільшенні кута нахилу від 40 до 47,5° відбувається ріст коефіцієнта з 0,73...0,84 до 0,78...0,86. Це пов'язане зі збільшенням значення коефіцієнта, що враховує заповнення ґрунтом міжскребкового простору, тобто збільшується вичерпуюча здатність скребків. Наші дані свідчать, що максимальне значення ε_c спостерігається при $\alpha_c = 45...47,5^\circ$, що відповідає даним літературного огляду. Зростання заглиблення робочого органа істотно впливає на повноту виїмки. Якщо для $\alpha_c = 47,5^\circ$ і $H_{1c} = 0,24$ м $\varepsilon_c = 0,86$, то при $H_{1c} = 0,32$ м $\varepsilon_c = 0,78$. Такий взаємозв'язок обумовлений більше значним пересипанням ґрунту через скребки при його транспортуванні з більшої глибини.

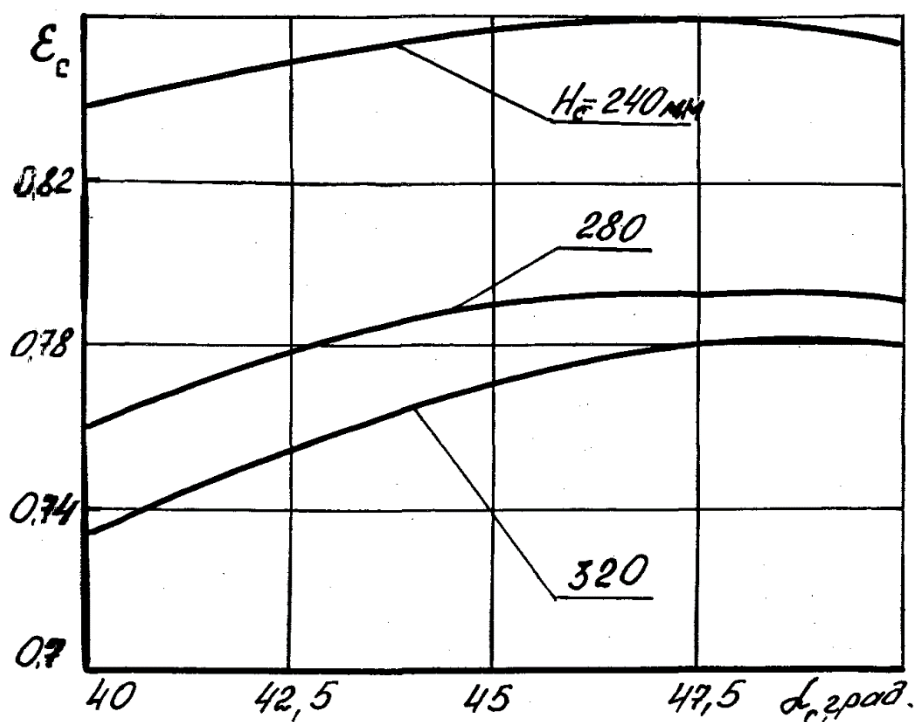


Рисунок 3.6 – Залежність показника повноти виїмки ґрунту ε_c від кута нахилу робочої гілки до горизонту α_c при різному заглибленні її в ґрунт H_c

Аналіз отриманої математичної моделі виконувався шляхом вивчення поверхонь відгуку. Оскільки поверхня, описувана рівнянням (3.6), багатомірна й не може бути інтерпретована геометричним образом, те її аналіз виконувався по

двох факторах u_c і v_c при фіксованих значеннях $\alpha_c = 45^\circ$ і $H_{1c} = 0,28$ м, що відповідають найбільш прийнятному режиму. Тоді рівняння приймає вид:

$$\varepsilon_c = -0.041 + 0.539U_c - 0.502V_c - 0.135U_c \cdot V_c - 0.364U_c^2 - 0.0799V_c^2. \quad (3.7)$$

Диференціювання його по u_c і v_c дає систему лінійних рівнянь, рішення якої дозволяє встановити координати екстремальної точки ($u_c = 0,26$ м/с, $v_c = 2,85$ м/с). Значення функції в цій точці досягає максимуму $\varepsilon_c = 0,79$.

Надаючи в рівнянні (3.7) величині ε_c деякі фіксовані значення 0,78; 0,74; 0,70, одержали контурні криві рівного виходу (ізолінії) поверхні відгуку, які зображені на рисунку 3.7. Поверхня відгуку являє собою параболічний еліпсоїд, а переріз рівного виходу параболу з віссю симетрії, що проходить через точку екстремуму. Ізолінії показують взаємозв'язок факторів і те, яке саме значення коефіцієнта можна одержати при різних сполученнях v_c і u_c . Таким чином, при $v_c = 2,85$ м/с і $u_c = 0,26$ м/с повнота виїмки стає найбільша $\varepsilon_c = 0,79$. Подальше збільшення швидкості v_c викликає закидання ґрунтом канавки, відповідно зменшується коефіцієнт ε_c .

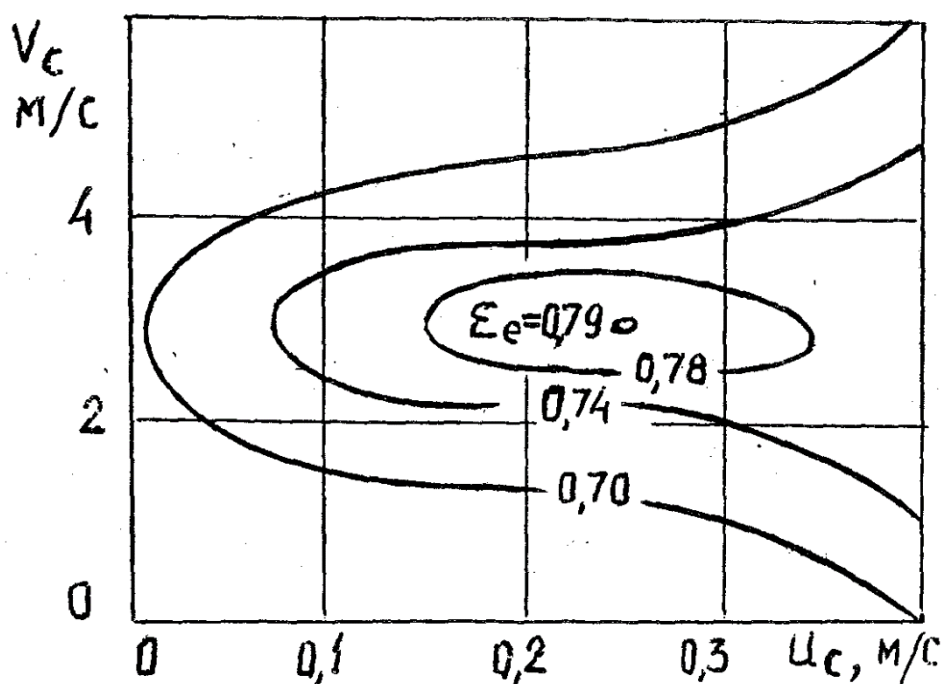


Рисунок 3.7 – Контурні криві рівних значень поверхні відгуку для залежності коефіцієнта повноти виїмки ґрунту ε_c від швидкостей v_c і u_c

Найважливішими показниками енергоємності, які визначені в ході досліджень, є тяговий опір P_c і питома енергоємність A_c , що визначає витрату енергії для виїмки 1 м³ ґрунту. Їхній функціональний взаємозв'язок з параметрами u_c , v_c , і H_{1c} установлено у вигляді таких рівнянь:

$$P_c = -1831 - 20934U_c - 731.5V_c + 25500H_{1c} + 16605U_c^2 - 366U_c \cdot V_c + ; (3.8)$$

$$+ 4 \cdot 10^3 U_c \cdot H_{1c} + 192V_c^2 \cdot C - 1600V_c \cdot H_{1c} + 370H_{1c}^2$$

$$A_c = -1925.7 - 4380U_c - 771.5V_c + 27900H_{1c} + 7.54 \cdot 10^{-3} U_c^2 - (3.9)$$

$$- 600U_c \cdot V_c + 6.8 \cdot 10^3 H_{1c} \cdot U_c + 147V_c^2 \cdot C + 800V_c \cdot H_{1c} - 560H_{1c}^2 \cdot$$

Графоаналітичний аналіз функції відгуку вироблявся при $\alpha_c = 45^\circ$ і $H_{1c} = 0,28$ м шляхом побудови двовірних перерізів для того, щоб простежити за зміною критеріїв оптимуму при варіюванні рівнів одного з факторів, рисунок 3.8. Розглянуті двовірні перерізи представляють сімейство сполучених еліпсів ліній рівного тягового опору. Їхній аналіз дозволив виділити області мінімального тягового опору. Рішення умови екстремуму дозволило визначити в площині u_c , v_c координати проекції западини еліптичного параболоїда: $u_c = 0,17$ м/с і $v_c = 3,23$ м/с. У цій точці опір переміщенню склав 17 Н. Зі зменшенням або збільшенням цих факторів від певного значення тяговий опір збільшується. Так, ріст швидкості поступального руху в межах від 0,1 до 0,17 м/с веде до зниження тягового опору робочого органа, що пов'язане з виникненням позитивного реактивного зусилля при зрізі ґрунту скребками. Збільшення швидкості поступального руху в 2 рази з 0,17 до 0,34 м/с при постійної $v_c = 3,2$ м/с збільшує тяговий опір від 17 до 400 Н, тобто в 23,5 рази. Це обумовлено ростом подачі ґрунту на скребок. Ріст швидкості різання до 3 м/с спричиняє зменшення опору робочого органа на 20...25 %. Подальший ріст швидкості не ефективний, тому що при цьому зростають зусилля тертя ґрунту об поверхню скреbkів.

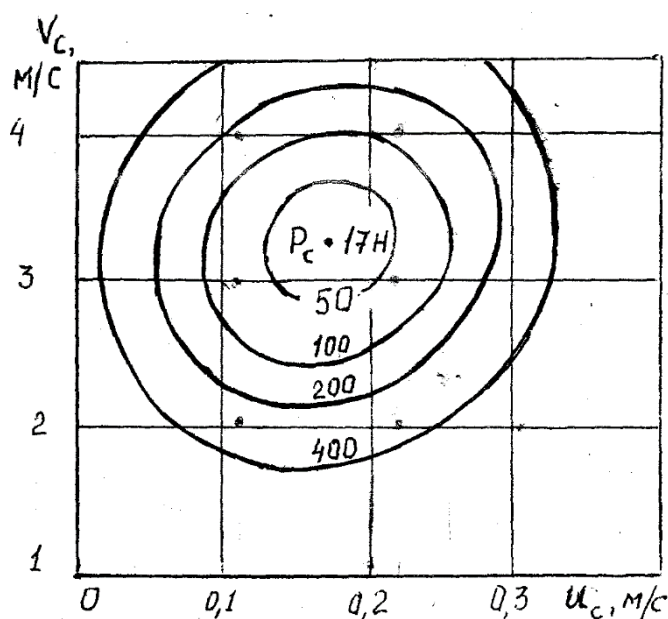


Рисунок 3.8 – Контурні криві рівних значень поверхні відгуку для залежності тягового опору P_c від швидкостей v_c і u_c

Аналіз на мінімум енергоємності процесу виконаний при фіксованому значенні $H_{1c} = 0,28$ м по двох технологічних факторах u_c і v_c , рис. 3.9. Контурні криві лінії рівних значень являють собою еліпси. Їхній центр є центром западини еліптичного параболоїда з координатами: $u_c = 0,24$ м/с, $v_c = 2,29$ м/с. При цьому мінімальна питома енергоємність становить 440 кДж/м³. Підвищення швидкості поступального руху до $0,24$ м/с приводить до зменшення питомої енергоємності процесу від $700...1000$ до $440...700$ кДж/м³, що пояснюється кращим заповненням ґрунтом міжскребкового простору. Зменшення швидкості різання від $3,5$ до $2,3$ м/с приводить до зменшення питомої енергоємності при $u_c = 0,3$ м/с від 650 до 470 кДж/м³.

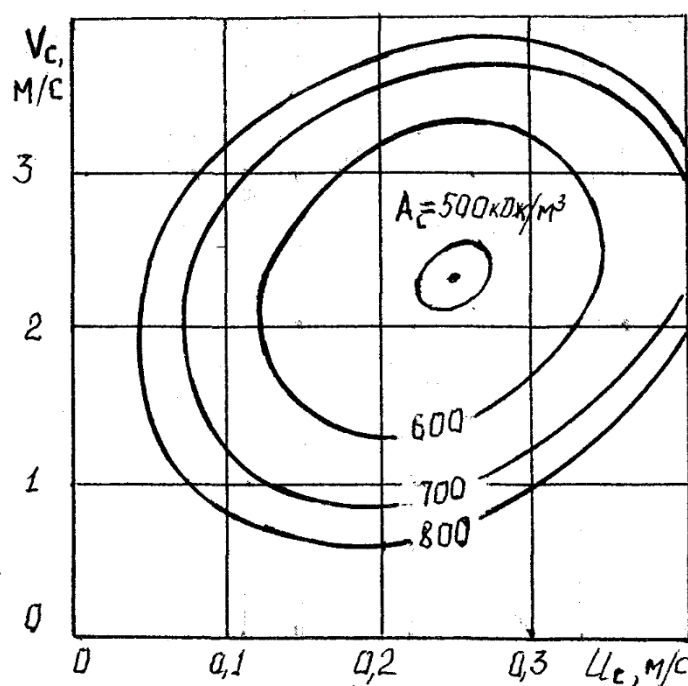


Рисунок 3.9 – Контурні криві рівних значень поверхні відгуку для залежності питомої енергоємності A_c від швидкостей v_c і u_c

Для фрезерного робочого органа залежність коефіцієнта повноти виїмки ґрунту ε_ϕ від колової швидкості v_ϕ і швидкості поступального руху u_ϕ визначена у вигляді:

$$\varepsilon_\phi = 0.3214 + 0.1327V_\phi + 0.3281U_\phi - 6.64 \cdot 10^{-3}V_\phi - 1.112 \cdot 10^{-3}U_\phi \cdot V_\phi - 1.334V_\phi^3. \quad (3.10)$$

Аналіз функції вироблявся шляхом побудови двомірних перерізів при фіксованих значеннях $\varepsilon_\phi = 0,95; 0,90; 0,85$ і $0,80$. Отримані ізолінії представлені на рисунку 3.10. Поверхня відгуку еліптичний параболоїд з піднесенням у точці з координатами $u_\phi = 0,08$ м/с і $v_\phi = 9,9$ м/с. Ці координати отримані в результаті диференціювання рівняння (3.10) по u_ϕ і v_ϕ та рішення отриманих лінійних рівнянь. Значення функції в цій точці досягає максимуму $\varepsilon_\phi = 0,99$. Аналіз

графічного зображення цієї залежності показує, що збільшення коефіцієнта ε_ϕ відбувається з ростом колової швидкості й зменшенням швидкості поступального руху. При $u_\phi = 0,1$ м/с підвищення v_ϕ від 6 до 9 м/с приводить до росту коефіцієнта ε_ϕ від 0,89 до 0,97. Збільшення u_ϕ від 0,1 до 0,4 м/с, тобто в 4 рази, означає збільшення подачі ґрунту на ніж і викликає погіршення його виносу. Високий показник виїмки при коефіцієнті $\varepsilon_\phi = 0,95$ можна одержати при $u_\phi = 0,05 \dots 0,2$ м/с і $v_\phi = 7,5$ м/с. Подальший ріст u_ϕ до 0,25 м/с для збереження коефіцієнта вимагає росту v_ϕ до 10 м/с. Робота при відносно високих швидкостях $u_\phi = 0,3 \dots 0,4$ м/с може виконуватися з меншими значеннями коефіцієнтів $\varepsilon_\phi = 0,8 \dots 0,9$.

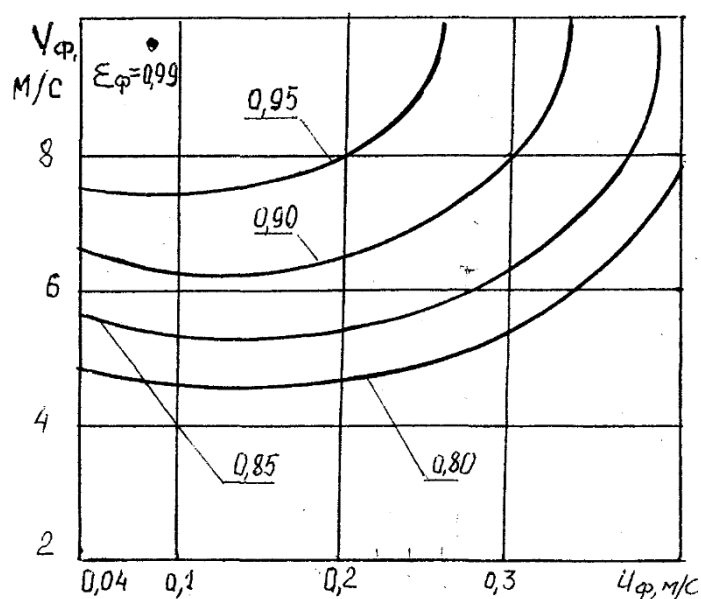


Рисунок 3.10 – Контурні криві рівних значень поверхні відгуку для залежності питомої енергоємності ε_ϕ від швидкостей v_c і u_c

Функціональна залежність питомої енергоємності A_ϕ дискофрезерного робочого органа від параметрів u_ϕ і v_ϕ визначена у вигляді рівняння:

$$A_\phi = 1248 - 151.6V_\phi - 879.8U_\phi + 12.59V_\phi^2 - 11.05U_\phi \cdot V_\phi + 1481U_\phi^2. \quad (3.11)$$

Аналізом отриманої моделі на екстремум встановлено, що поверхня відгуку представляє еліптичний параболоїд з виїмкою в точці з координатами $u_\phi = 0,274$ м/с і $v_\phi = 6,17$ м/с (рис. 3.11). Значення функції в цій точці мінімальне й становить 640 кДж/м³. При фіксованих значеннях функції $A_\phi = 650; 700; 750$ і 800 кДж/м³ отримані контурні криві рівного виходу (ізолінії), що представляють еліпси. Їхній аналіз указує на тенденцію зниження питомої енергоємності процесу зі зменшенням колової швидкості різання до 6 м/с. Це зв'язано як зі зниженням витрат кінетичної енергії на викид ґрунту, так і зі зниженням витрат

на його подрібнення. Підвищення колової швидкості ножів від 2 до 6 м/с при $u_\phi = 0,1$ м/с дає можливість зменшити A_ϕ від 820 до 710 кДж/м³. У той же час збільшення u_ϕ від 0,1 до 0,3 м/с при $v_\phi = 6$ м/с дозволяє зменшити енергоємність процесу до 650 кДж/м³. Зниження колової швидкості різання до 2...3 м/с веде до різкого зростання питомої енергоємності процесу до 750...800 кДж/м³, що пов'язане з порушенням виносу ґрунту, що зрізується, через недостатню кінетичну енергію, яка надається ґрунту. При цьому коефіцієнт повноти виїмки знижується до 0,7. Перевищення колової швидкості 8 м/с також веде до збільшення питомої енергоємності, що пов'язано зі збільшенням частки кінетичної енергії, переданої на винос ґрунту. Відповідно збільшується розкид ґрунту по ширині захвата робочого органа. Використання швидкості поступального руху менш 0,1 м/с недоцільно через збільшення подрібнення ґрунту й питомої енергоємності процесу. Зростання ж u_ϕ більше 0,4 м/с нерационально через зниження коефіцієнта повноти виїмки при перевантаженні ножів ґрунтом.

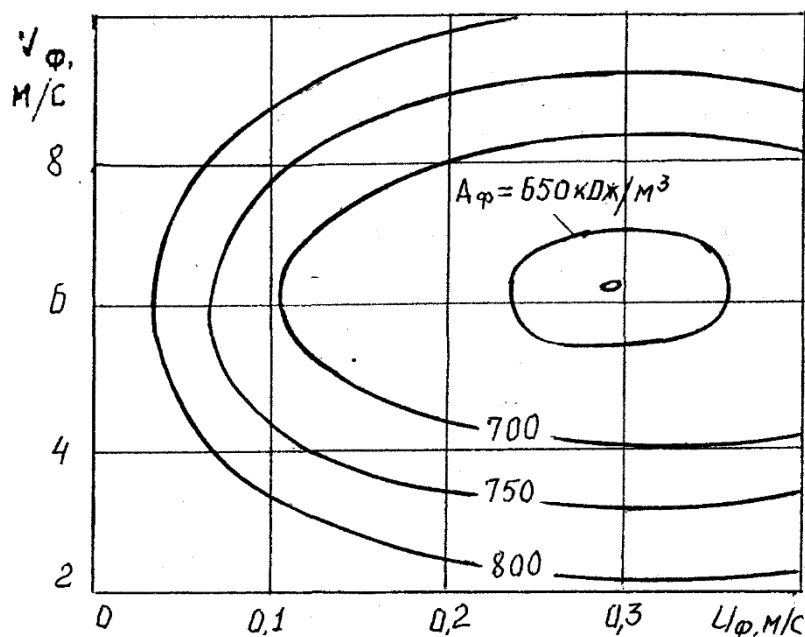


Рисунок 3.11 – Контурні криві рівних значень поверхні відгуку для залежності питомої енергоємності A_ϕ від швидкостей v_ϕ і u_ϕ

У такий спосіб сполучення двох параметрів: поступальної швидкості руху 0,25...0,30 м/с і колової різання 6...7 м/с дозволяє одержати високий коефіцієнт повноти виїмки, рівний 0,9 і стосовно інших швидкісних параметрів, мінімальну питому енергоємність канавкоутворювача 650 кДж/м³. Одержання більше високої продуктивності, наприклад, при збільшенні швидкості u_ϕ до 0,3 м/с зі збереженням $\varepsilon_\phi = 0,9$, вимагає збільшення швидкості до $v_\phi = 8$ м/с, що приводить до росту питомої енергоємності до $A_\phi = 700$ кДж/м³.

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Для оцінки безпеки сільськогосподарської техніки застосовують різні способи і засоби. Найбільш поширеними є безпосередній огляд, випробування і вимірювання параметрів. В окремих випадках, при експлуатації складного обладнання для оцінки рівня безпеки (небезпеки) складних сільськогосподарських машин, виробничих процесів, виробництв чи технологій з метою запобігання травмонебезпечних, аварійних та катастрофічних ситуацій застосовують складний але ефективний метод – аналітичний. Усі наведені методи є складовими універсального методу – методу експертної оцінки безпеки робочих місць, окремих машин, технологічних операцій (процесів) тощо [14-18].

Безпека при комплектуванні та використанні машинно-тракторних агрегатів. Комплектує машинно-тракторний агрегат тракторист-машиніст, при потребі, за допомогою допоміжних робітників під обов'язковим контролем бригадира, механіка або агронома. Довільна заміна машин у складеному агрегаті без дозволу цих осіб не допускається. За технічний стан, комплектування і безпечне використання машин, що знаходяться у приватній власності, несе повну відповідальність власник. До експлуатації допускаються абсолютно справні, відрегульовані і перевірені машини, що пройшли відповідну обкатку, у тому числі і нові машини. Причіпні і начіпні машини заздалегідь перевіряють і агрегують лише з тими тракторами, що зазначені у заводській інструкції машини. До роботи на агрегатах допускаються фізично здорові, навчені за спеціальною програмою (наявність посвідчення про кваліфікацію) і проінструктовані (за ГОСТ 12.0.004-90) механізатори. Залежно від виду роботи механізатори повинні бути забезпечені відповідними засобами захисту і спецодягом. Перед виконанням польових робіт поле спочатку обов'язково оглядає агроном (власник). Після цього (при потребі) його підготовлюють: видаляють велике каміння, засипають рови, яри, ями та інші перешкоди, а ті, що неможливо усунути, позначають віхами, табличками з попереджувальними написами. Після цього поле засмічують відповідно до операційної карти. Якщо працюватиме група агрегатів, то обов'язково вибирають, обладнують і позначають місце відпочинку. На місце роботи агрегатів не допускають сторонніх осіб, які не мають відношення до технологічного процесу. Механізовані процеси роботи і рух агрегатів мають відповідати розробленим і затвердженим агрономом або керівником господарства технологіям та маршрутам руху агрегатів. На ділянках полів і доріг, над якими проходять повітряні лінії електропередач, робота і проїзд машини дозволяються у тому випадку, якщо відстань від найвищої точки машини або вантажу на

транспортних засобах до нижнього проводу лінії електропередач не менша за такі величини, як наведені типових нормах.

Особливу увагу не обхідно приділяти агрегатам, що працюють на схилах. До керування такими агрегатами допускають механізаторів не нижче II класу, зі стажем роботи за спеціальністю не менше трьох років, що пройшли спеціальне навчання та інструктаж з безпеки праці. 62 В умовах гористої місцевості (на схилах), як правило, застосовують спеціальні машинно-тракторні агрегати і окремі машини (круто схильні модифікації). До роботи на схилах крутістю не більше як 8-9о допускаються трактори і комбайни загального призначення. Працювати на схилах колісним тракторам на вузькій колії заборонено. При агрегатуванні культиваторів із тракторами загального призначення застосовують автоматичні зчіпні пристрої. Під час автоматичного зчеплення машини на трактор не допускається перебування працюючих у небезпечній зоні, щоб запобігти виникненню небезпечних ситуацій в процесі агрегатування. Значна кількість автоматичних причіпних і начіпних пристроїв, розроблених різними авторами і організаціями, промисловість серійно не випускає, тому, крім автоматичного начіпного пристрою АС-1, вони у господарствах не застосовуються. Більшість з них мають суттєві конструктивні недоліки: низька міцність, ненадійність, незручність у користуванні. Одним з недоліків сільськогосподарських машин є те, що їх робочі органи не обладнані пристроями для самоочищення. Відповідно до існуючих правил таку роботу необхідно виконувати спеціальними пристроями (чистиками) при зупиненому агрегаті, а деяких машин – і при зупиненому двигуні. Виконувати роботи під культиватором, піднятим за допомогою гідромеханізмів (гідросистем), забороняється. Тому роботу можна виконувати при заглушеному двигуні і надійно зафіксованому у піднятому положенні культиватора спеціальними підставками або пристроями.

ВИД РОБІТ СКЛАД	ВИРОБНИЧА НЕБЕЗПЕКА	
	НЕБЕЗПЕЧНА УМОВА (НУ)	НЕБЕЗПЕЧНА ДІЯ (НД)
АГРЕГАТУВАННЯ НАЧІПНОГО ПЛУГА з ТРАКТОРОМ ХТЗ-120	З'ЄДНАННЯ НА ЧІПНОГО культиватора з ТРАКТОРОМ ЗДІЙСНЮЄТЬСЯ ЗА ДОПОМОГОЮ РУЧНИХ ОПЕРАЦІЙ НУ МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ: НУ → НС → Т НД ₁ → НД ₂	У НЕБЕЗПЕЧНІЙ ЗОНІ ЗНАХОДИТЬСЯ ПРИЧІПЛЮВАЧ НД ₁ МОЖЛИВИЙ РУХ ТРАКТОРА БЕЗ КОМАНДИ ПРИЧІПЛЮВАЧА НД ₂
КУЛЬТИВАЦІЯ, ТРАКТОР ХТЗ-120 НАЧІПНИЙМ КУЛЬТИВАТОРОМ	МОЖЛИВА ТЕХНІЧНА НЕСПРАВНІСТЬ ГІДРОСИСТЕМИ НУ ₁ КУЛЬТИВАТОР НЕ ЗАФІКСОВАНИЙ У ПІДНЯТОМУ ПОЛОЖЕННІ НУ ₂ МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ: НД ↓ НУ → НС → Т ↑ НУ ₂	ПРИ ТЕХНІЧНОМУ ОБСЛУГОВУВАННІ ПРИЧІПЛЮВАЧ ЗНАХОДИТЬСЯ БІЛЯ ПІДНЯТОГО ГІДРОСИСТЕМОЮ КУЛЬТИВАТОРА НД ₂
ТРАНСПОРТУВАН- НЯ НАЧІПНОГО культиватора	МОЖЛИВА ТЕХНІЧНА НЕСПРАВНІСТЬ ГІДРОСИСТЕМИ НУ ₁ КУЛЬТИВАТОР НЕ ЗАФІКСОВАНИЙ У ПІДНЯТОМУ ПОЛОЖЕННІ НУ ₂ МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ: НУ ₂ ↓ НУ ₂ → НС → А.Т НД ₁ → НД ₂ → НД ₃	ПЕРЕВИЩЕННЯ ШВИДКОСТІ РУХУ ТРАКТОРА НД ₁ РІЗЬКЕ ГАЛЬМУВАННЯ НД ₂ І ОПУСКАННЯ ПЛУГА НД ₃

Рисунок 4.1 – Модель виникнення травмонебезпечних ситуацій

РОЗДІЛ 5. ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЕКТУ

Експериментальна перевірка макетних зразків саджалки й машини для нарізки посадкових борозен виконувалася при посадці підщеп рядами із шириною міжрядь 0,7...0,9 м и за стрічковою схемою $2 \times 0,7 (0,9) + 1,4 + 2 \times 0,7 (0,9)$ м; робоча швидкість 0,4...0,8 км/год; крок посадки 0,12...0,25 м; параметри посадкової канавки: ширина 0,11 м, глибина до 0,26 м. Обслуговуючий персонал саджалки: тракторист – 1, садильниці – 8, під правлячі – 2; агрегатування із трактором Т-70С або ЮМЗ-6Л с ходозменшувачем. Продуктивність машин 0,15...0,30 га/ч. Дана продуктивність забезпечила залежно від типу підщеп посадку від 70 до 100 тис. штук підщеп за зміну або від 7000 до 10000 штук підщеп на кожний з робочих, що обслуговують агрегат.

У тих же умовах продуктивність серійної трирядної саджалки СШН-3 склала 50 тис. штук підщеп за зміну. Розраховуючи на одного робочого макетний зразок саджалки в порівнянні із саджалкою СШН-3 забезпечує рівну продуктивність, а за рахунок збільшення числа рядів, що висаджуються, має продуктивність в 1,3 рази більшу. Завдяки постановки більшої кількості захватів посадкових секцій макетний зразок саджалки забезпечує більш широкий діапазон регулювання кроку посадки.

Якість розпушування ґрунту, що характеризується агрегатним складом ґрунту (тип ґрунту середні суглинки), а також приживлюваністю посаджених підщеп. Як свідчить практика й проведені експериментальні дослідження, найбільш істотним якісним показником є кришення ґрунту в місці посадки. Як показали результати досліджень на глинистих і суглинних ґрунтах, найбільш характерних для вирощування плодових розплідників втрати підщеп, що висаджуються, найбільш великі при використанні пасивного робочого органа 7,5% і приблизно однакові 0,8 і 0,6 % при використанні скребкових і фрезерних робочих органів. Це наслідок кращого кришення ґрунту активними робочими органами.

Потужність, що витрачається на привід активних робочих органів і переміщення саджалки СПН-4 при зміні її швидкості від 0,1 до 0,3 м/с, збільшується від 9,1 до 19,7 кВт, рис. 5.1. Більш значна витрата потужності на привід робочих органів і тяговий опір машини МНБ-4 із фрезами. Так, для нарізування борозен при поступальній швидкості 0,1 м/с потрібні витрати потужності, у два рази перевищуючі енерговитрати на роботу саджалки зі скребковими робочими органами й складають 20 кВт. Ріст швидкості до 0,3 м/с супроводжується практично подвійним збільшенням витрати потужності до 38,4

кВт. Таким чином, більше складні скребкові робочі органи мають у два рази менше енергоспоживання в порівнянні із фрезерними.

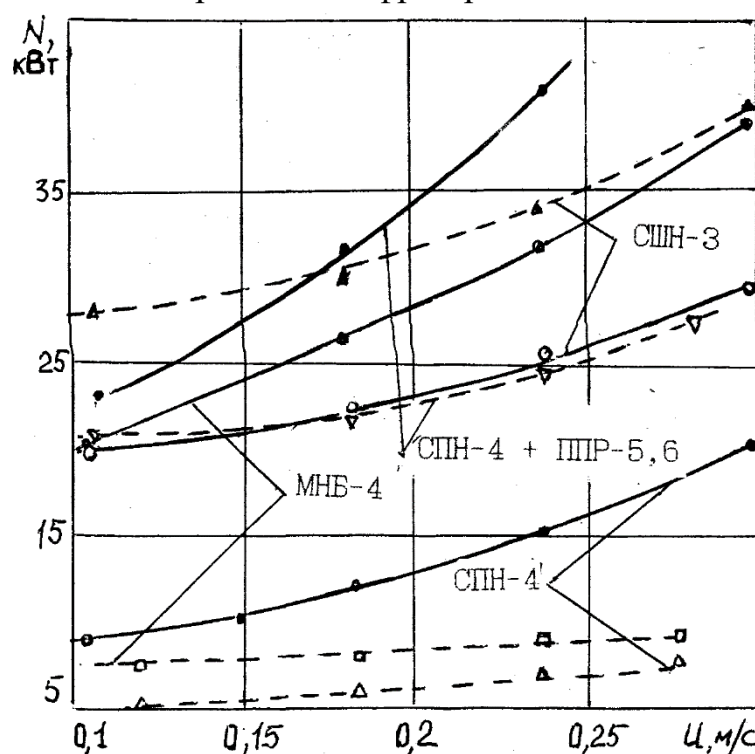


Рисунок 5.1 – Залежність тягового опору P і затрат потужності N на привід СПН-4, СПН-4 з ППР-5,6, МНБ-4 і СШН-3: ——— загальні затрати потужності; - - - - тяговий опір

При нарізці канавки перерізом $0,11 \times 0,28$ м зі швидкістю $0,25$ м/с найменшу енергоємність має пасивний сошник $97,5$ МДж/га, а найбільшу 225 МДж/га фрезерний робочий орган. Скребковий робочий орган споживає $11,4 - 142,5$ МДж/га. Найменший тяговий опір має чотирирядна саджалка зі скребковими робочими органами $4,6$ кН. Машина із фрезерними робочими органами має опір $5,8$ кН, а найбільший опір у саджалки із чотирма пасивними робочими органами $22,7$ кН. Тобто, для саджалок з активними робочими органами прийнятний трактор класу 1,4, а для саджалки зі стандартними сошниками необхідний трактор класу 3. Робоча швидкість саджалок підцеп становить $0,2 \dots 0,3$ м/с для забезпечення заданої агровимогами щільності посадки підцеп.

Тому саджалки мають порівняно невелику продуктивність $0,11$ і $0,14$ га/год. для трьох і чотирирядного варіантів; чотирирядна машина для нарізування посадкових борозен із фрезерними робочими органами $0,255$ га/год. Висока приживлюваність підцеп $99,2 \dots 99,4$ % найбільше істотно впливає в цілому на підсумковий показник порівняльної оцінки процесу канавкоутворювача й посадки по наведених витратах. Розрахунки витрат на 1 га насаджень становлять для машини зі скребковими робочими органами 17850 грн., із фрезерними 18012 грн., з пасивними сошниками 18925 грн.

Отже, застосування активних робочих органів у порівнянні із традиційними більш ефективно. Перевага зі збільшенням навантаження на саджалку збільшується. При площі посадки 15 га, економічний ефект для саджалки зі скребковими робочими органами становить 10750 грн/га в порівнянні з пасивними й 1625 грн/га в порівнянні із фрезерними. При менших площах посадки, наприклад 5 га, ефективність скребкових і фрезерних робочих органів відповідно дорівнює 10250 і 9250 грн./га в порівнянні зі СШН-3.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Обґрунтовано нові технологічні схеми машин для посадки підщеп у перше поле розсадника й нарізування фрезами посадкових канавок. Їх основними відмінними рисами є використання робочих органів активного типу: скребків і фрезерних, які забезпечують якісне кришення середніх і важких по механічному складі ґрунтів. Скребковий робочий орган, конструктивно й технологічно сполучається з посадковою секцією саджалки підщеп, містить скребки, що представляють собою комбінацію тригранного клина й поверхні усіченого конуса, розміщені на нескінченному ланцюзі. Фрезерний робочий орган для нарізування посадкових канавок утворений ножами С-подібного профілю, закріпленими на диску, що має зворотне обертання стосовно напрямку його поступального руху.

2. У результаті теоретичного аналізу встановлені функціональні залежності, що визначають зв'язок основних геометричних і режимних параметрів скребкових і фрезерного робочих органів, і розроблені методичні основи їхнього визначення стосовно до посадки підщеп.

3. Експериментальними дослідженнями визначені залежності коефіцієнта повноти виїмки ґрунту й показників енергоємності процесу від параметрів активних робочих органів, використовуваних для посадки підщеп. Для скребкового робочого органа визначені його оптимальні режимні параметри: швидкість ланцюгового контуру 2,2...2,5 м/с, швидкість поступального переміщення 0,25...0,3 м/с при куті нахилу до горизонту робочої вітки контуру 40...45°. За критерій оптимальності процесу прийняті сумарні мінімальні енерговитрати на канавкоутворення при зміні поступальної швидкості від 0,1 до 0,3 м/с. Тяговий опір при цьому міняється від 200 до 650 Н у процесі нарізування канавки шириною 0,11 і глибиною 0,28 м.

4. Експериментальними дослідженнями встановлено, що для фрезерного робочого органа сполучення двох режимних параметрів: поступальної швидкості руху 0,25 м/с і колової швидкості різання 7 м/с дозволяє виконувати процес утворення канавки з питомою енергоємністю 650 кДж/м³ при $\varepsilon_{\phi} = 0,9$. Одержання більше високої продуктивності за рахунок збільшення поступальної швидкості до 0,3 м/с при збереженні значення коефіцієнта повноти виїмки вимагає збільшення колової швидкості різання до 8 м/с, що приводить до росту питомої енергоємності до 700 кДж/м³.

5. Порівняння параметрів досліджуваних робочих органів активного типу показує наступні переваги скребкового робочого органа: більше низька (в 1,5 рази) питома енергоємність, менші (в 2,5...3,0 рази) відносна швидкість руху

скребків, розкид ґрунту й габаритні розміри. Оскільки скребковий робочий орган також конструктивно й технологічно краще сполучається з садильними секціями, то він використаний у розробленій нами саджалці. Фрезерний робочий орган з врахуванням його істотної конструктивної простоти, використаний нами для розробки машини для нарізання канавки з наступною ручною посадкою підщеп або зимових щеплень.

6. Порівняльне вивчення якісних показників роботи машин з активними робочими органами й саджалки з анкерним сошником показали, що в зоні посадки підщеп частка найцінніших для рослин розмірних фракцій ґрунту від 0,25 до 10 мм після проходу робочих органів активного типу становить від 65 до 71%, у той час як після проходу саджалки з анкерним сошником частка цих фракцій ґрунту мав 23%. У зв'язку із цим приживлюваність підщеп, посаджених саджалкою зі скребковими робочими органами, склала 99,4%, посаджених саджалкою з анкерним сошником СШН-3 – 92,5%.

7. Порівняно невеликий тяговий опір чотирирядної саджалки зі скребковими робочими органами від 4020 до 5190 Н на робочій швидкості від 0,42 до 0,85 км/год дає можливість агрегатувати її із тракторами класу 1,4 з ходозменшувачем, а при одночасному використанні двох ножів щілерізів пристосування ППР-5,6 для нарізки напрямних щілин необхідний трактор класу 2. У той же час для роботи із саджалкою, що має анкерний сошник, необхідний трактор класу 3, у якого, як правило, відсутній необхідний діапазон робочих швидкостей.

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.// Krioan 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 плоdo-озсадниках // 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 einflubes 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. Ключко, 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.