

Луцький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)
Факультет аграрних технологій та екології
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))
Кафедра аграрної інженерії ім. проф. Г.А.Хайліса
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи

магістра

на тему: «Удосконалення технології садіння картоплі із обґрунтуванням технологічного процесу обробки бульб пестицидами»

Виконав: студент 2 курсу, групи АІм - 21
спеціальності 208 Агроінженерія
за освітньо-професійною
програмою «Агроінженерія»

Романов Р.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник Сацюк В.В.

(прізвище та ініціали)

Гарант ОП Сацюк В.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Пуць В.С.

(прізвище та ініціали)

Луцьк 2023

**ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет	<i>аграрних технологій та екології</i>
Кафедра	<i>аграрної інженерії ім. проф. Г.А.Хайліса</i>
Галузь знань	<i>20 Аграрні науки та продовольство</i>
Освітній ступінь	<i>магістр</i>
Спеціальність	<i>208 Агроінженерія</i>
Освітньо-професійна програма	<i>Агроінженерія</i>

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри аграрної інженерії
ім. проф. Г.А.Хайліса

доцент, к.т.н. _____ В.В. Сацюк
«10» січня 2023 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРАНТУ**

Романову Роману Валерійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення технології садіння картоплі із обґрунтуванням технологічного процесу обробки бульб пестицидами

керівник роботи Сацюк Василь Васильович, доцент, к.т.н.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджена наказом ЛНТУ від «10» січня 2023 р. № 11/01-02

2. Термін здачі студентом роботи _____

3. Вихідні дані до роботи _____

4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Титульний аркуш .
2. Завдання на роботу магістра.
3. Реферат.
4. Зміст.
5. Вступ.
6. Основну частину.
7. Загальні висновки.
8. Перелік джерел посилань.
9. Додатки

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

	к-сть листів
1. Вихідні дані	1 лист
2. Теоретичні положення	1 лист
3. Апаратура та обладнання для експериментальних досліджень	1 лист
4. Результати експериментальних досліджень	1 лист
5. Планування та результати експерименту з використанням математичного методу планування	1 лист
6. Схема експериментальної установки чи досліджуваної машини (функціональна або принципова)	1 лист
7. Складальне креслення розроблюваного чи удосконаленого вузла	1 лист

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	Юхимчук С.Ф., доцент		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд літератури за темою, формування завдань досліджень	15.06. – 01.07.2023 р.	
2	Обґрунтування конструкції і теоретичні дослідження	22.08 – 31.08.2023 р.	
3	Розробка схеми експериментальної установки чи досліджуваної машини	01.09 – 30.09.2023 р.	
4	Розробка програми і методики експериментальних досліджень	01.10 – 15.10.2023 р.	
5	Реалізація та обробка результатів експериментальних досліджень	01.10 – 15.10.2023 р.	
6	Експериментальні дослідження з використанням математичного методу планування	15.10 – 01.11.2023 р.	
7	Розробка креслення розроблюваного чи удосконаленого вузла	01.11 – 15.11.2023 р.	
8	Узагальнення результатів та оформлення пояснювальної записки	15.11 – 25.11.2023 р.	
9	Оформлення ілюстративного матеріалу для захисту магістерської роботи	15.11 – 25.11.2023 р.	
10	Нормоконтроль	до 09.12.2023 р.	
11	Представлення кваліфікаційної роботи на перевірку на плагіат	09.12.– 19.12.2023 р.	

Студент

_____ (підпис)

Романов Р.В.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Сацюк В.В.

_____ (прізвище та ініціали)

Гарант ОПП

_____ (підпис)

Сацюк В.В.

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Романов Р.В. - Удосконалення технології садіння картоплі із обґрунтуванням технологічного процесу обробки бульб пестицидами. Рукопис

Кваліфікаційна робота магістра ОП «Агроінженерія» спеціальності 208 Агроінженерія. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2023

Кваліфікаційна робота магістра складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків. Загальний обсяг роботи складає 61 сторінку, включає 11 рисунків, 3 таблиці, список використаних джерел з 19 назв та 2 додатки.

В кваліфікаційній роботі магістра досліджено процес обробки бульб та дна борозни пестицидами під час посадки картоплесаджалкою- протруювачем.

Розроблена нова функціональна схема картоплесаджалки-протруювача , та складальне креслення пристрою для обробки бульб картоплі та дна борозни робочими розчинами пестицидів.

Представлені теоретичні дослідження процесу розпилення робочого розчину форсункою. Проведені експериментальні дослідження, які підтверджують правильність теоретичних досліджень.

Мета дослідження – підвищення ефективності процесу посадки картоплі шляхом обробки бульб та дна борозни розчином пестицидів.

Об'єкт досліджень – технологічний процес обробки бульб картоплі та дна борозни робочим розчином пестицидів.

Предмет дослідження – закономірності зміни показників якості розпилення робочого розчину форсункою.

КАРТОПЛЕСАДЖАЛКА-ПРОТРУЮВАЧ, КАРТОПЛЯ, ФОРСУКА, РОЗПИЛЮВАЧ, ФАКЕЛ, ТИСК, КУТ РОЗПИЛЕННЯ, ВИТРАТА , РОБОЧИЙ РОЗЧИН.

ABSTRACT

Romanov R. - Improvement of potato planting technology with substantiation of the technological process of treating tubers with pesticides. Manuscript

Qualification work of the master of educational program "Agroengineering" specialty 208 Agroengineering. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2023

Qualification work of the master consists of an introduction, four sections, conclusions, list of sources used, appendices. The total volume of the work is 61 pages, includes 11 figures, 3 tables, a list of sources used with 19 titles and 2 appendices.

In the master's qualification work, the process of treating tubers and the bottom of the furrow with pesticides during planting with a potato planter-irrigator was investigated.

A new functional scheme of the potato planter-exfoliator and assembly drawing of the device for treating potato tubers and the bottom of the furrow with working solutions of pesticides have been developed.

Theoretical studies of the process of spraying the working solution with a nozzle are presented. Experimental studies have been carried out, which confirm the correctness of theoretical studies.

The purpose of the research is to improve the efficiency of the potato planting process by treating the tubers and the bottom of the furrow with a pesticide solution.

The object of research is the technological process of processing potato tubers and the bottom of the furrow with a working solution of pesticides.

The subject of the study is the patterns of changes in the quality indicators of spraying the working solution with a nozzle.

POTATO PLANTER-SPRAYER, POTATO, NOZZLE, SPRAYER, TORCH, PRESSURE, SPRAY ANGLE, CONSUMPTION, WORKING SOLUTION.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ТЕМОЮ, ФОРМУЛЮВАННЯ ЗАВДАНЬ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	9
1.1 Властивості та технологія вирощування картоплі.....	9
1.2 Аналіз конструкцій машин для протруювання бульб картоплі.....	12
1.3 Огляд конструкцій розпилувачів розчинів пестицидів.....	14
1.4 Постановка питання, мета та завдання дослідження	19
РОЗДІЛ 2. ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПОСАДКИ КАРТОПЛІ ТА ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ БУЛЬБ ТА ДНА БОРОЗНИ ПЕСТИЦИДАМИ.....	20
2.1 Обґрунтування функціональної схеми картоплесаджалки.....	20
2.2 Розробка конструкції пристрою для обробки бульб картоплі та дна борозни пестицидами.....	22
2.3 Обґрунтування розміщення та кута нахилу розпилувача.....	23
2.4 Теоретичне обґрунтування параметрів дросельної шайби-шайби	28
2.5 Обґрунтування параметрів дросельної шайби-вставки форсунки	30
2.6 Теоретичні дослідження розділення струменя робочого розчину під час витікання із щілинного розпилувача.....	31
2.7. Висновки.....	40
РОЗДІЛ 3. ПРОГРАМА, МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	42
3.1 Програма і загальна методика експериментальних досліджень	42
3.2 Лабораторне обладнання, прилади та апаратура для проведення досліджень.....	42
3.3 Методика визначення кута факелу розпилення форсункою робочої рідини.....	46
3.4 Методика визначення витрати рідини розпилувачем форсунки.....	46
3.5 Методика проведення багатофакторного експерименту	47

3.5. Результати дослідження кута факелу розпилення форсункою робочої рідини	50
РОЗДІЛ 4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ МАТЕМАТИЧНОГО МЕТОДУ ПЛАНУВАННЯ	52
4.1 Результати дослідження з використанням математичного методу планування експерименту.....	52
4.2 Висновки	51
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	56
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	58
ДОДАТКИ	60

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Технологія вирощування картоплі вимагає використання пестицидів. Стандартна технологія посадки картоплі передбачає протруювання картоплі на складах перед посадкою. Тому на складах передбачено використання протруювачів. Окрім того, у подальших технологічних процесах, механізатори та допоміжний персонал мають справу із картоплею яка оброблена пестицидами, що негативно впливає здоров'я людини. Від досконалості технології застосування пестицидів залежить ефективність їх застосування, ступінь використання, а також умови праці обслуговуючого персоналу та безпека навколишнього середовища,

Мета дослідження – підвищення ефективності процесу посадки картоплі шляхом обробки бульб та дна борозни розчином пестицидів.

Завдання роботи. Розробити функціональну схему картоплесаджалки-протруювача бульб картоплі та дня борозни розчинами пестицидів, обґрунтувати розташування картоплесаджалці-протруювачі, обґрунтування параметрів дросельної шайби вставки форсунки, теоретично дослідити процес розпилення робочого розчину під час витікання із щілинного розпилювача, провести експериментальні дослідження по визначенню кута конуса факела розпилення, дослідити вплив констуктивно-технологічних факторів на витрату робочого розчину через форсунку розпилювача.

Об'єкт досліджень – технологічний процес обробки бульб картоплі та дна борозни робочим розчином пестицидів.

Предмет дослідження – закономірності зміни показників якості розпилення робочого розчину форсункою.

Методи дослідження. Теоретичні дослідження проведені із застосуванням методів класичної механіки з використанням програми Mathcad 15. Лабораторні дослідження проводились за розробленими методиками. Багатофакторний експеримент проводили із використанням симетричного не композиційного плану Бокса-Бенкена другого порядку.

Науково новизна одержаних досліджень. Теоретично досліджено та експериментально підтверджено оптимальні параметри розпилювача робочого розчину пестицидів.

Практичне значення одержаних результатів. Запропоновано технологію посадки картоплі із одночасною обробкою бульб та дна борозни розчинами пестицидів, розроблено функціональну схему картоплесаджалки. За результатами багатофакторного експерименту виведені регресійні залежності, які дають змогу оцінити вплив діаметру каналу шайби-вставки, висоти шайби-вставки та тиску рідини на витрати робочого розчину розпилювачем форсунки.

Апробація результатів дослідження. Основні положення досліджень, які містяться кваліфікаційній роботі магістра, доповідались та обговорювались на: ІХ Міжнародній науково-практичній конференції “Інноваційні технології в АПК”, 7-8 червня 2023 року м. Луцьк; ІІІ студентській науково-технічній конференції «Сучасні технології у агровиробництві та природокористуванні». Луцьк, ЛНТУ, 2023.

За темою кваліфікаційної роботи автором опубліковано тези доповідей ІХ Міжнародної науково-практичної конференції “Інноваційні технології в АПК”, 7-8 червня 2023 року м. Луцьк; та тези доповіді ІІІ студентської науково-технічної конференції «Сучасні технології у агровиробництві та природокористуванні». Луцьк, ЛНТУ, 2023.

Структура роботи. Кваліфікаційна робота магістра складається з вступу, 4 розділів, загальних висновків, список використаних джерел з 19 найменувань та 2 додатків. Загальний обсяг кваліфікаційної роботи 61 сторінка.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ТЕМОЮ, ФОРМУЛЮВАННЯ ЗАВДАНЬ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Властивості та технологія вирощування картоплі

В Україні відповідно до Закону України «Про насіння та садивний матеріал» насінневий матеріал картоплі відносять до трьох таких категорій: добазове насіння картоплі – базове насіння картоплі – сертифіковане насіння картоплі :1-2 покоління еліт. 3 – репродукцію еліти використовують для посадок продовольчої картоплі [7].

Таблиця 1.1 – Класифікація насінневої картоплі в Україні

Категорії насіння/етапи насінництва	Клас насінневої картоплі (покоління)
Добазова насіннева картопля	розсада та мінібульби від рослин in vitro
	перше бульбове покоління від рослин
	базові клони
	супер-супереліта
Базова насіннева картопля	супереліта
	еліта
Сертифікована насіннева картопля	перше покоління (СН-1)
	друге покоління (СН-2)

Добазова насіннева картопля включає оздоровлений вихідний матеріал (мікророслини, мікробульби, міні-бульби, базові клони), та клас першого польового покоління від мікророслин, мікробульб, міні-бульб, базових клонів і клас супер-супереліти, що за сортовими та посівними якостями відповідають вимогам чинних стандартів. Порядок виробництва добазового, базового та сертифікованого насіння картоплі наведений на рисунку 1.1[7].

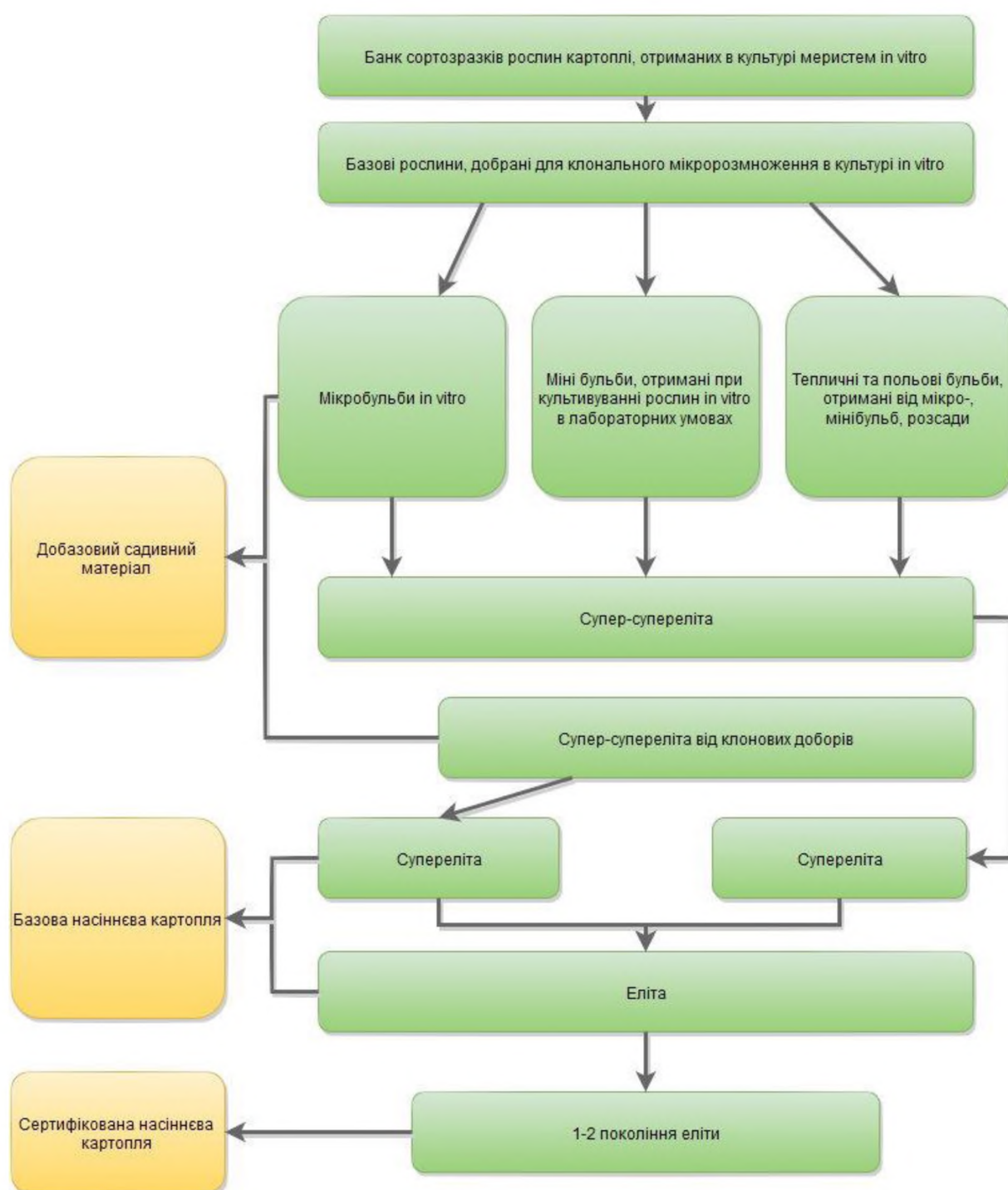


Рисунок 1.1 Порядок виробництва добазового, базового та сертифікованого насіння картоплі

Базова насіннева картопля це – бульби, що отримані від розмноження добазового насінневого матеріалу у елітно-насінницьких та інших господарствах які занесених до Державного реєстру виробників насіння, та які за сортовими та посівними якостями бульб відповідають вимогам чинних державних стандартів.

Сертифікована насіннева картопля це категорія картоплі до якої віднесені перше і друге покоління після еліти для виробництва насінневої картоплі, та наступні покоління для вирощування товарної картоплі.

Садивний матеріал *in vitro* – отриманий шляхом виділення окремих або групи ізольованих клітин чи органів із маточних рослин

Основною метою обробітку ґрунту під картоплю є створення розпушеного шару, в якому б вільно поширювалася коренева система рослини і сформувалася бульба. Оптимальною вважається об'ємна маса орного шару на суглинкових ґрунтах 1,2 г/см, на піщаних 1.3 -1,4 г/см. Щоб досягти таких показників, необхідно виконати такі операції: лушення стерні, оранку та передсадивну підготовку.

Садіння картоплі слід розпочинати, коли дозріє ґрунт, та його температура на глибині 10 см становить плюс 6-8°C. Для одержання ранньої продукції висаджують пророщені бульби картоплі ранніх сортів. Пізніше садять картоплю на насінних ділянках та товарних площах.

Високий урожай картоплі можна одержали за умови використання здорового та не ушкодженого хворобами насінневого матеріалу.

Технологія підготовки насінневого матеріалу включає калібрування бульб картоплі на фракції, паростків, видалення хворих бульб та домішок, за необхідності різання великих бульб, прогрів та пророщення. У технологічну лінію підготовки насінневого матеріалу входять механізми для вивантаження картоплі із бургів та сховищ, механізми для подачі бульб на транспортери у транспортні засоби: перебіркові столи, сортувалки, прийомні бункери та бункери-накопичувачі, завантажники насінневого матеріалу. Усі машини та механізми, що входять у лінію, повинні бути взаємопов'язані між собою по конструктивних параметрах та продуктивності.

Для отримання раннього врожаю картоплі необхідно здійснювати пророщування бульб протягом 30-45 діб на світлі за температури 14-16 °C. На пророщування закладаються бульби картоплі масою понад 60 г [7].

1.2. Аналіз конструкцій машин для протруювання бульб картоплі

Важливим фактором підвищення урожайності картоплі являється захист картоплі від хвороб та шкідників. Підготовка бульб картоплі для посадки включає їх обробку пестицидами на картоплесортувальних пунктах.

На картоплесортувальних пунктах обробку насіння бульб картоплі проводять в окремих приміщеннях із чітким дотриманням вимог охорони праці.

Для обробки насіння бульб картоплі застосовуються машини "Гумотокс-С". Дана машина призначена для протруювання бульб насінневого картоплі. Протруювальна машина складається із бункера-накопичувача (рисунк 1.2), днищем якого являється завантажувальний транспортер 1, камери протруювання 2, розпилювача 3, валиків 4, транспортера 5, бака для робочого розчину 6, насоса 7 та гідрокомунікацій 8. Усі складові одиниці встановлені на платформі 9 із двохосьовим колісним ходом. Продуктивність цієї машини

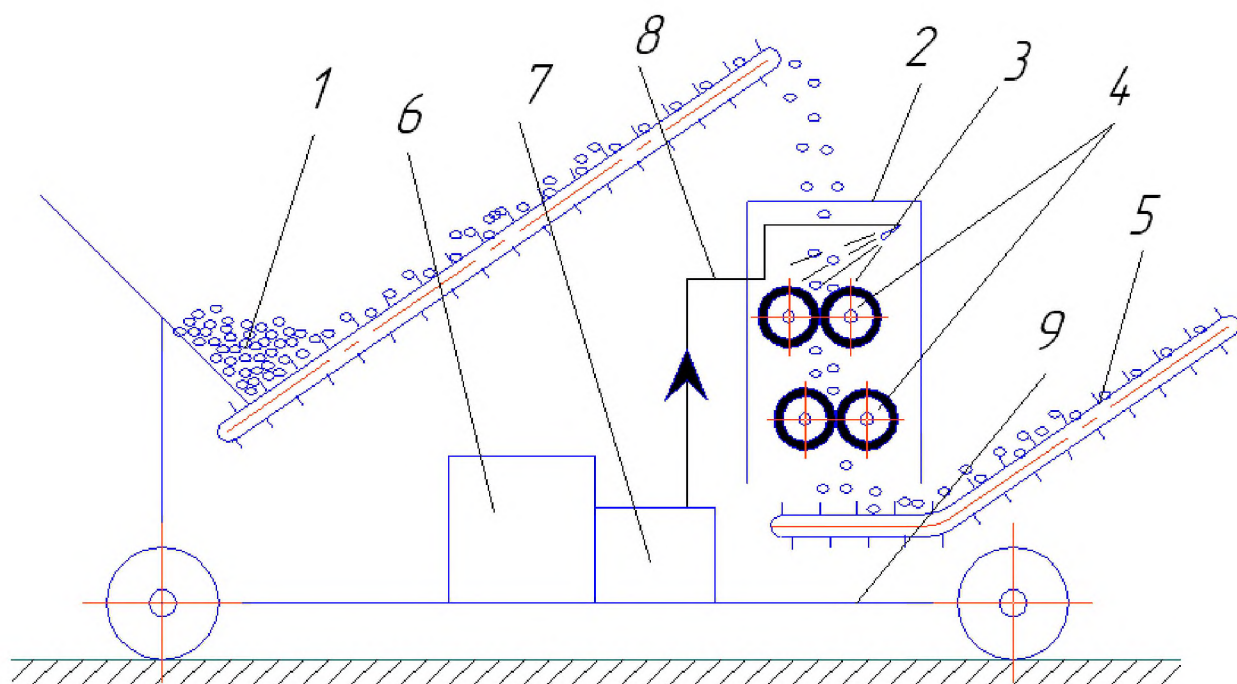


Рисунок 1.2 Схема машини для протруювання бульб картоплі
"Гумотокс-С"

становить 8-10 т/год, витрата робочого розчину 2-5 л /т. Машина може працювати у комплексі із пунктом КСП-15Б. Її можна також застосовувати для осінньої обробки [6].

На технологічних лініях знайшли застосування протруювачі насіння картоплі які містять раму на якій закріплені розпилювачі над вивантажувальним транспортером. Підготовка та подача робочого розчину здійснюється наявними в господарстві обприскувачем, в якого на нагнітальний штуцер регулятора тиску надівається гнучкий рукав, що подає робочий розчин до розпилювачів. Продуктивність протруювача становить до 1 т / хв,. Якість протруювання таким способом низька, обробка поверхні бульб робочим розчином становить 50-60%. [6].

В промисловості знайшли застосування протруйник ОПС-1. Даний протруювач може працювати із протруйником ПС-10А.

ОПС-1 складається із камери протруювання, яка розміщена на закінчені рами вивантажного транспортера ТЗК-30А, гнучких рукавів, які з'єднують бак протруювача із камерою протруювання ОПС-1. У камері протруювання встановлений розпилювач та валики із гумовими зірочками, мають привід від електродвигуна. Робочий розчин, що потрапляє на стінки камери, зливається по шлангах у бак протруювання насіння. Продуктивність такого протруювача становить 25 т / год, при цьому повнота протруювання рівна - 100 % [13].

Протруювач ПСК-20 використовується для протруювання насіння бульб картоплі. Пересувний протруювач ПСК-20 складається із камери протруювання та станції для забезпечення процесу протруювання. Камера протруювання монтується на закінченні вивантажного транспортера-завантажувача ТЗК-30А. В камері розташований похилий стрічковий транспортер та розпилюючий пристрій робочого розчину. Станція протруювання з бака-змішувача із пристроєм для дозування та контролю витрат робочого розчину, насосної установки, насоса для заповнення бака водою. [3].

Технологічний процес протруювання здійснюється таким чином. Насіння бульб картоплі завантажується у бункер ТЗК-30А далі вивантажувальним

транспортером подаються у камеру протруювання картоплі. Стрічка транспортера рухається в протилежному напрямі до напрямку руху бульб картоплі. Завдяки зворотному напрямі руху насіння бульб картоплі обертається та інтенсивно обробляється у зоні розпилення. Залишки робочого розчину з стрічки знімаються щітками та повертається на поверхні бульб.

Продуктивність ПСК-20 становить 20 т/год, норма внесення робочого розчину становить – 5-10 л/т, повнота протруювання поверхні бульб становить до 90 %.

1.3. Огляд конструкцій розпилювачів розчинів пестицидів

Для продуктивного використання дорогих пестицидів та зменшення їх шкідливості для навколишнього середовища, необхідні або спеціальні обприскувачі або модернізовані, які здібні створювати необхідну густоту покриття на оброблюваних культур чи поверхню ґрунту однорідними краплями потрібного розміру з оптимальною концентрацією у них пестициду.

Виняткова увага в конструкції обприскувачів приділяється найголовніший і вразливій ланці розпилювального обладнання - розпилюючими форсункам.

Розпилювачі формують потік рідини у суцільний або пустотілий конус, віяло, суцільну плівку.

Розпилювачі - найвідповідальніші частини обприскувача від належної вибору яких залежить рівномірність застосування хімікату на рослини чи ґрунт. Їх розміщують на трубах-колекторах розподільчих систем, які насос помпує рідину. У колекторах зроблені отвори через які рідина надходить у пустоту розпилюючої головки (рисунки 1.3 а, б) або ніпеля 9 (рисунки 1.3, в), закріплених на трубі-колекторі 2. До голівок або ніпелю 9, ковпачком 4, під'єднані вкладиші 3 розпилювачів, забезпечені отворами для розпилення рідини. Розпилюючі головки забезпечені відсічним клапаном 6. При звичайному тиску в напірній магістралі рідина піднімає клапан, проходить крізь фільтр, вкладиш

3 розподільника також у диспергованому вигляді подається на об'єкт обробки [2].

У час вимкнення подачі рідини до напірної магістралі тиск в колекторах зменшується, клапан 6 під пружиною закриває прохід рідини до розпилювача та запобігає тим самим мимовільному витрачання рідини та забруднення довкілля.

Одинарна головка розприскувача (рисунок 1.3 а) має один розпилювач, а комбінована (рисунок 1.3 б) - два, три або чотири розпилювачі. Загином обойми 7 на корпусі 5 один розприскувач встановлюють у нижнє положення до суміщення його каналу 8 із первинним отвором корпусу 5. Застосування таких головок зменшує час на пере налаштування розприскувача на новий режим його роботи.

За конструкцією вкладишів та принципом роботи розрізняють розпилювачі: відцентрові, польові, щілинні, ежекційні, дефлекторні, дискові з електрзарядкою крапель та відцентрово-дискові[1-2].

Польовий розпилювач (рисунок 1.3, в) складається із пластмасової ковпачки 4 зі вихідним отвором та сердечника 10, з гвинтовим рівчачком. Діаметр отвору ковпачка 1,5 та 2 мм. Гвинтові рівчачки здійснюють закручування потоку рідини.

Ковпачки, які призначені для тиску вище від 0,5 МПа, армують. Польові наконечники утворюють потік розпиленого хімікату довжиною 1-2 метри. Їх використовують у розприскувачів для захищеного ґрунту, ранцевих та решти, при цьому наконечники забезпечують тонке нанесення рідини, що дозволяє застосовувати їх для оброблення рослин за великої концентрації діючої речовини.

Вихровий розприскувач (рисунок 1.3, г) забезпечений камерою завихрення 11 і вкладишем 3, із круглим отвором. Проходячи крізь камеру завихрення, рідина завихрюється та виходить зі отвору вкладиша у вигляді пустотілого конічного смолоскипа з кутом $\alpha = 60 - 90^\circ$. На деякій відстані від отвору факел розділяється на дрібні краплі. Розприскувачі такого типу

забезпечують тонке нанесення робочого розчину. Їх використовують на штангових розприскувачах для обробки посівів фунгіцидами, нормою 75...150 літрів на гектар.

Щілинний розприскувач (рисунок 1.3, д) забезпечений розпилюючим вкладишем, отвір в якому виготовлено у вигляді малої щілини, яка розширюється у сторону виходу. Проходячи під тиском крізь такий отвір, робочий розчин розпилюється, утворюючи плоский факел розпилення в формі віяла з кутом $\alpha = 80 - 120^\circ$. Щілинні розприскувачі забезпечують грубу дисперсність розпилення (біля 300 мкм), але забезпечують при цьому велику рівномірність розпилу по ширині захвату. Завдяки цьому їх використовують для суцільного або стрічкового внесення гербіцидів, встановлюють при цьому розприскувач так, щоб площина факелу була поперек до напрямку руху агрегату та становила з ним кут $\alpha = 80 - 85^\circ$.

Дефлекторний розприскувач має вкладку, на закінченні якої зроблено випускний отвір 15 (рисунок 1.3, е), що з'єднується із осьовим каналом 13. Рідина із колектора поступає у канал, розганяється та вдаряється об стінку отвору 15. У місці зіткнення потоку зі стінкою утворюється центр тиску, через що рідина у вигляді плоскої пліви розтікається поверхнею стінки. У подальшому пліва розділяється на краплі, утворюючи плоский факел розпилення із кутом $\alpha = 110 - 160^\circ$. Дефлекторні розприскувачі мають великі отвори та дроблять рідину на великі краплі величиною 250...400 мкм. Їх використовують на штангових обприскувачах для внесення робочої рідини великими дозами.

Ежекційний розприскувач складається із корпусу 5 (рисунок 1.3 ж), ковпачка 4 та вкладиша 18. Корпус має осьовий 16 та радіальні ривчачки, які з'єднані через отвори 17 у кришечці із атмосферою. Проходячи із великою швидкістю по осьовому каналу 16, рідина створює атмосферний тиск та утворює рідинно-повітряну суміш. При цьому відбувається збільшення в'язкості суміші, вирівнюється розмір крапель у факелі розпилення,

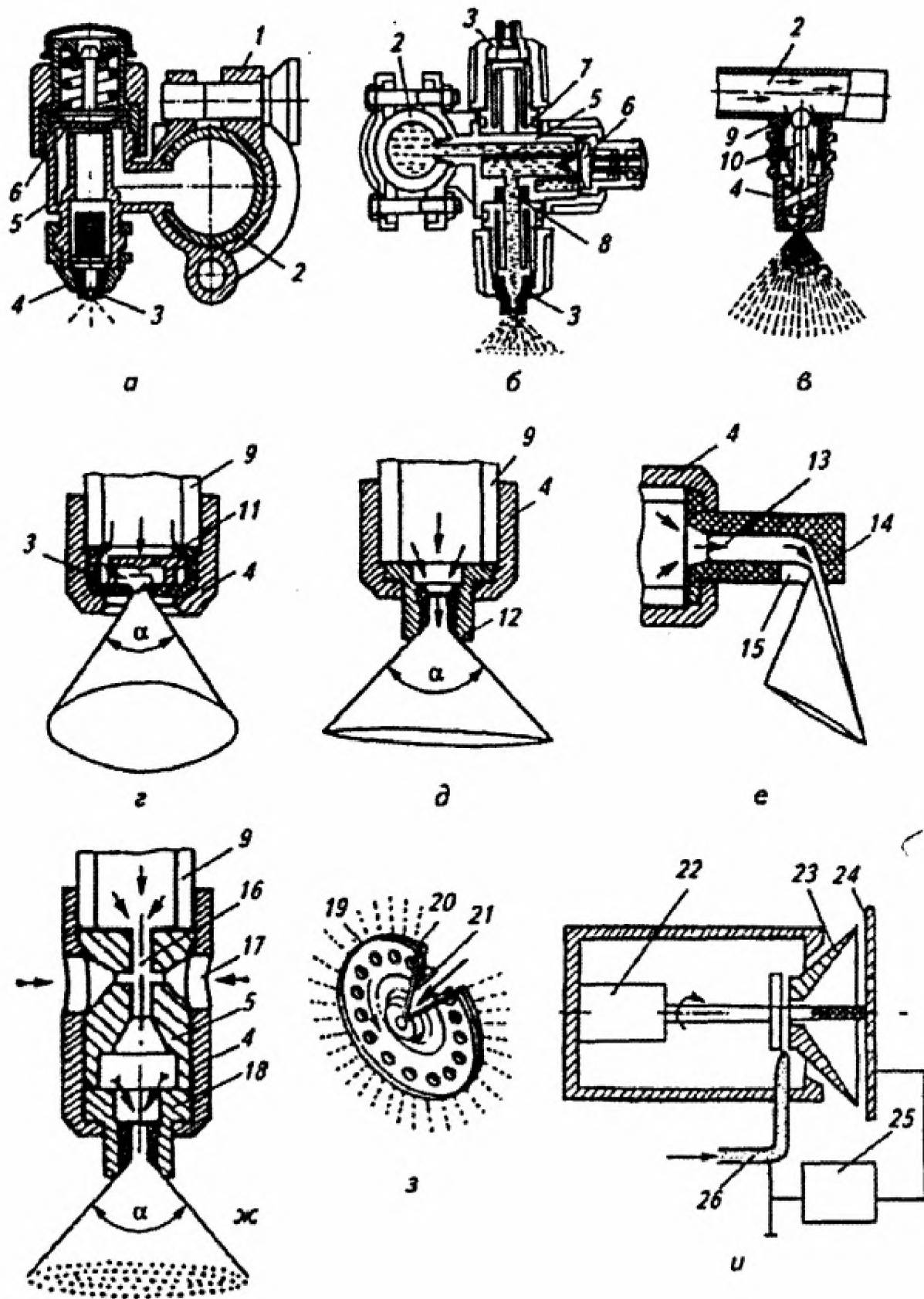


Рисунок 1.3 Схеми розпилюючих наконечників:

а, б - розпилюючі головки; в - пустотілий; г - відцентровий; д - щілинний; е - дефлекторний; ж - ежекційний; з - відцентрово-дисковий; и - дисковий із електрзарядкою частинок крапель: 1 - скоба; 2 – колектор; 3, 12, 14, 18 – вкладиші; 4 – ковпачок; 5 – корпус; 6 – клапан; 7 - поворотна обойма; 8, 13, 16 - рівчаки; 9 - ніпель; 10 - сердечник; 11 – камера завихрення; 15,17 – отвори; 19, 20,23, 24 - диски; 21 - кожух; 22 - двигун; 25 - джерело високої напруги; 26 - трубопровід.

зменшується кількість дрібних фракцій і та забезпечується мінімальне знесення їх вітром.

Відцентрово-дисковий розпилювач (рисунок 1.3, з) представляє собою головку, яка обертається, складену із однієї, двох чи більше пар дисків 19 і 20. Кожна пара дисків створює між собою вузький рівчак шириною 2,5 мм. Рідина поступає напірною магістралі у центр диска 19, через відцентрову силу переміщається рівчаком до зовнішніх країв дисків та продрібнюється на краплі розміром 60...150мкм. Такі розпилювачі використовують на вентиляторних, мало- та ультрамалооб'ємних вентиляторних оприскувачах, які забезпечують внесення рідких хімікатів нормою від 1 до 100 л / га [6].

Дисковий розпилювач із електронною зарядкою крапель (рисунок 1.3 і) обладнаний розпилюючим конусним диском 23, індукуючим диском-електродом 24, який з'єднаний в мережу джерела високої напруги 25 та підвідним трубопроводом 26. Робоча рідина трубопроводом 26 подається на внутрішню площину диска 23, який обертається, та під дією відцентрової сили зміщується до зовнішньої кромки і розпилюється на дрібні краплі. У момент відриву від диска краплі рідини отримують електричний заряд. Заряджені частинки здійснюють рух силовими лініями електричного поля яке генерується електродом. Такі заряджені частинки у меншій мірі зносяться вітром [8]

1.4. Постановка питання, мета та завдання дослідження

На сьогодні важливим засобом підвищення урожайності картоплі є запровадження інноваційних технологій її вирощування. Використання технології посадки картоплі із одночасною обробкою бульб та дна борозни розчинами пестицидів дозволить підвищити продуктивність технологічного процесу підготовки та садіння бульб картоплі.

Мета дослідження – підвищення ефективності процесу посадки картоплі шляхом обробки бульб та дна борозни розчином пестицидів.

підвищення точності руху машинно-тракторних агрегатів із використанням глобальних навігаційних супутникових систем.

Для досягнення поставленої мети сформульовані завдання досліджень:

- розробити функціональну схему картоплесаджалки-протруювача бульб картоплі та дня борозни розчинами пестицидів,
- обґрунтувати розташування картоплесаджалці-протруювачі, обґрунтування параметрів дросельної шайби вставки форсунки,
- теоретично дослідити процес розпилення робочого розчину під час витікання із щілинного розпилювача, провести експериментальні дослідження по визначенню кута конуса факела розпилення,
- дослідити вплив конструктивно-технологічних факторів на витрату робочого розчину через форсунку розпилювача.

РОЗДІЛ 2

ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПОСАДКИ КАРТОПЛІ ТА ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ БУЛЬБ ТА ДНА БОРОЗНИ ПЕСТИЦИДАМИ

2.1. Обґрунтування функціональної схеми картоплесаджалки

Запропонована технологія безгребеневого та гребеневого рядкового садіння непророщених бульб картоплі із одночасною обробкою бульб картоплі та дна борозни пестицидами. Картоплесаджалка являється напівпричіпною чотирьох рядною і агрегується та агрегується з тракторами тягового класу 2.0. Картоплесаджалка має ширину захвату 3м. Функціональна схема картоплесаджалки із одночасною обробкою бульб картоплі та дна борозни пестицидами, наведена на рисунку 2.1.

Порядок приготування робочої суміші пестицидів такий: заповнити 1/10–1/4 бака обприскувача чистою водою, включити мішалку, додати необхідну згідно розрахунків кількість пестицидів і продовжувати заповнення бака обприскувача із одночасним перемішуванням. Продовжувати перемішування робочого розчину необхідно також під час під час обробки задля забезпечення однорідності робочої суміші. Під час заповненні бака обприскувача картоплесаджалки заправний шланг повинен бути вище рівня води, щоб запобігання зворотного всмоктування робочого розчину.

Технологічний процес роботи картоплесаджалки здійснюється таким чином. Агрегат заїжджає у заїмки та опускає завантажувальний бункер на землю положення I. Після цього самоскидом під'їжджають до задньої стінки бункера, піднімають кузов, та засипають бульби у завантажувальний бункер. Після заповнення бункера самоскид опускає кузов та від'їжджає, а завантажувальний бункер піднімають у робоче положення II гідросистемою

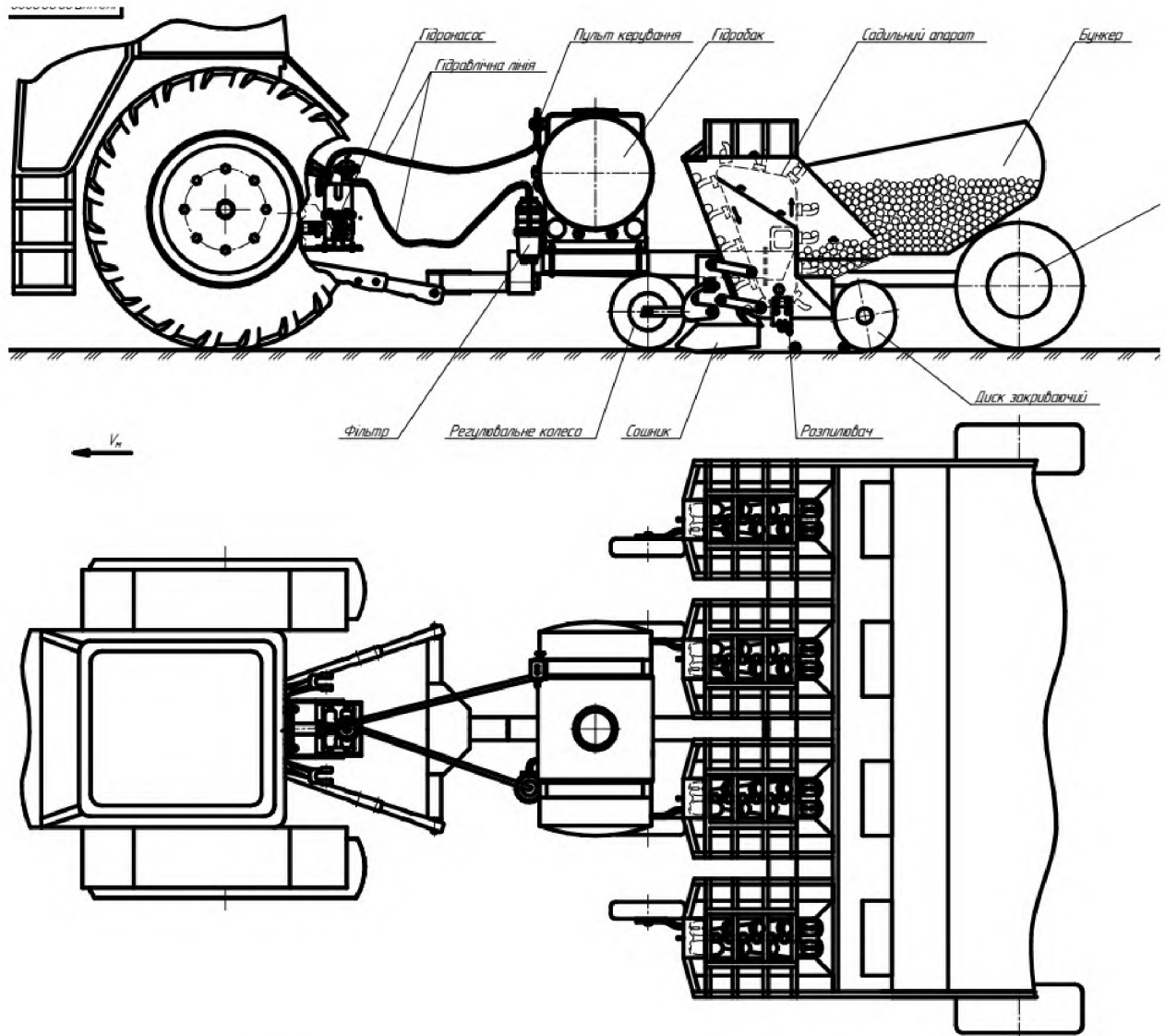


Рисунок 2.1 Функціональна схема картоплесаджалки з одночасною обробкою картоплі та дна борозни пестицидами

трактора для наповнення основного бункера картоплесаджалки. Бульби картоплі із бункера захоплюються ложечками садильного апарату та подаються до відділяючої секції. У випадку, якщо ложечка захопила дві бульби картоплі, друга являється запасною. На ділянці горизонтальної фази руху стрічки садильного апарату, зайва бульба падає назад в бункер. Бульба картоплі із садильного апарату подається у борозну, яка попередньо створюється сошником картоплесаджалки. Під час вкладання бульби в борозну, картопля обробляється пестицидами за допомогою розпилювача, що встановлений на рамі картоплесаджалки.

2.2. Розробка конструкції пристрою для обробки бульб картоплі та дна борозни пестицидами

У кваліфікаційній роботі розробляється картоплесаджалка, яка додатково обладнана пристроєм для обробки бульб картоплі та дна борозни пестицидами. Пристрій для обробки бульб пестицидами складається із резервуару з гідромішалкою, фільтра, регулятора-розподільника, колектора з розпилювачами і гідронасоса.

Гідронасос встановлено на задній навісці трактора. Рама гідронасоса являється легкознімною і кріпиться до плити трактора з допомогою шпильок. Привід гідронасоса відбувається від ВВП трактора частота обертання 540 об/хв. З'єднання вала гідронасоса з ВВП трактора використовується. Один кінець муфти заведений на шліці ВВП трактора, а другий заведений на вал гідронасоса. Муфта на валу гідронасоса закріплена шпонкою 8x7x48 ГОСТ 23360-78. Захист обертових частин приводу гідронасосу здійснений за допомогою захисних кожухів із листової сталі. Кожух виготовляється на базі стандартного захисту ВВП трактора, але має більші габарити та довжину. Така конструкція дозволяє легко змінювати трактор в разі потреби.

Пульт керування оприскувачем картоплесаджалки обладнаний одним підвідним, двома відвідними патрубками до шлангів та одним відвідним патрубком для гідромішалки, та штуцером для приєднання манометра. Від гідронасосу насосу робочий розчин потрапляє на пульт керування робочою рідиною, що оснащений дросельним, запобіжним та відсічним клапанами.

На рамі саджалки додатково змонтована платформа для кріплення ємкості для робочого розчину. У разі необхідності резервуар можна демонтувати. Все обладнання оприскувача картоплесаджалки з'єднане між собою ПВХ рукавами і закріплене хомутами.

Конструкція кріплень колекторів з розпилювачами передбачає регулювання висоти розташування та кута розпилення факела вздовж осі агрегату.

На два садильних апарати передбачається 1 колектор із двома розпилювальними головками та штуцером для під'єднання ПВХ рукава напірної гідро лінії. На робочому місці оператора картоплесаджалки встановлено додатково кнопку для подачі звукового сигналу механізатору.

2.3. Обґрунтування розміщення та кута нахилу розпилювача

Форсунки формують струмінь робочої рідини у вигляді суцільного струменя, повного конусу. Форсунки найбільш відповідальна частини. Від раціонального вибору форсунки залежить рівномірність та витрата робочої рідини. Тому для оптимального вибору форсунок слід провести аналіз існуючих.

Форсунки розташовують на колекторах розподільних систем у які насос нагнітає робочу рідину пестицидів. У колекторах змонтовані отвори, за допомогою яких робочий розчин потрапляє у порожнину розпилювальної головки яка закріплена на трубі колекторі. Відповідно до рекомендацій застосування препарату АКТARA 25WG норма його внесення при протруюванні дна борозни картоплі становить 0,5 кг/га, а витрата витрата робочого розчину складає 80 л/га.

При даному методі розпилювання і установки форсунки забезпечується оптимальна обробка дна борозни і навколо бульб картоплі після засипання ґрунтом, що забезпечує ефективний захист посівного матеріалу.

Ефективність застосування пестицидів при обробці картоплі та дна борозни пестицидами залежить від точності їх дозування а також від якісних показників технологічного процесу обприскування. Нестабільність даних показників приводить до втрат пестицидів, забруднення оточуючого середовища. Відповідно при конструюванні засобів механізації захисту рослин особлива увага приділяється питанням контролю основних показників технологічного процесу: тиску, робочої швидкості, витрати рідини через розпилювач, величині оброблюваної площі. Налаштування обприскувача на

роботу за заданою витратою полягає у підборі типу розпилювача а також виборі кількості розпилювачів, робочого тиску у нагнітальній системі та встановленні швидкості руху агрегату.

Для прийнятої організаційно-технічної схеми посадки картоплі із одночасною обробкою бульб та дна борозни пестицидами спершу визначається довжина шляху, яку проходить саджалка до повного використання бака.

Заправка баків та бункера передбачається на поворотній смузі, на яку легше підвозити робочу рідину та насіннєвий матеріал. У деяких випадках, коли заправки агрегату здійснюється на обох поворотних смугах. Максимальну довжину гону можна розрахувати, використовуючи наступну залежність [10]:

$$L = \frac{1000 \cdot W}{QB} \quad (2.1)$$

де L - шляху картоплесаджалки, що проходить із однією заправкою, м;

W - місткість резервуарів для пестицидів, л;

Q - витрата рідини, (пестицидів) л/га;

B - ширина захвату картоплесаджалки, м.

Проведемо графічний розв'язок задачі.

Подальше розв'язання задачі демонструємо графічно (рисунок 2.2). Для картоплесаджалки із значеннями W у межах допустимого діапазону Q будується залежність довжини шляху агрегату від норми витрати робочого розчину пестицидів.

За заданою довжиною гону l визначаємо кількість проходів k , за умови, що добуток kl знаходиться в межах $L_{\min} \dots L_{\max}$. За отриманим значенням k , визначається значення витрати рідини Q . Визначення тиску у системі, при якому забезпечується задана норма внесення робочого розчину пестицидів вирішується таким чином.

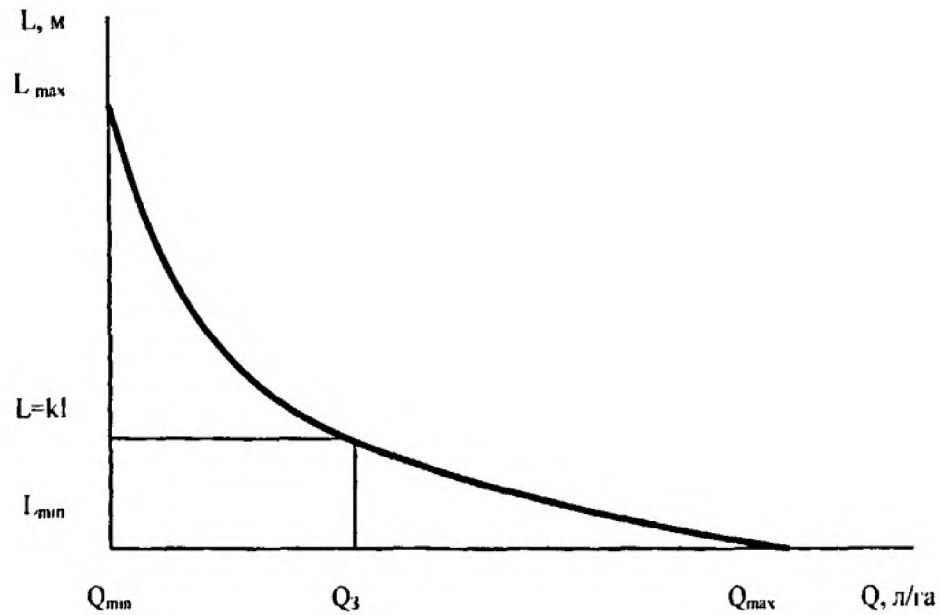


Рисунок 2.2 Графік для визначення витрати робочої рідини

Рівняння Бернуллі для щілинного розпилювача із урахуванням втрат енергії має вигляд [10]:

$$p_T = p_a + 0,5\rho\omega_a^2(1 + \xi_c) \quad (2.2)$$

де p_T - повний тиск (тиск у резервуарі);

p - тиск середовища, в яке попадає рідина;

ρ - густина рідини;

ω_a - швидкість витікання в стислому перерізі струменя;

ξ_c - сумарний коефіцієнт опору

Виразимо із рівняння швидкість витікання ω_a :

$$\omega_a = \sqrt{\frac{2\Delta p}{(1 + \xi_c)\rho}} \quad (2.3)$$

де Δp - перепад тиску,

p - робочий тиск у системі.

Перепад диску рівний:

$$\Delta p = (p_T - p_a) \quad (2.4)$$

Позначимо коефіцієнт стиснення струменя φ_c як відношенню площі стисненого перерізу струменя f_{CT} площі сопла f_c .

$$\varphi_c = \frac{f_{CT}}{f_c} \quad (2.5)$$

Об'єм витрат рідини через розпилювач становить:

$$Q_\phi = f_{CT} \omega_a = \frac{\varphi_c}{\sqrt{1 + \zeta_c}} \cdot f_c \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}} \quad (2.6)$$

Де ε - коефіцієнт швидкості:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{1}{1 + \zeta_c}} \quad (2.7)$$

Тоді об'ємна витрата робочої рідини через розприскувач становить:

$$Q_\phi = \mu \cdot (\pi \cdot d_c^2 / 4) \cdot \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}} \quad (2.8)$$

де d_c - діаметр отвору сопла розпилювача.

Витрата робочої рідини становить:

$$q = \frac{QVbn}{600}, \text{ л/хв} \quad (2.9)$$

де V – швидкість руху машино-тракторного агрегату, км/год;

Q – норма витрати, л/га;

b - відстань між двома розпилювачами, м;

n - кількість розпилювачів на картоплесаджалці м.

Витрата робочої рідини одним розпилювачем становить:

$$q_1 = \frac{q}{n} \quad (2.10)$$

Витрати робочої рідини одним розпилювачем (q_1) для забезпечення заданої норми внесення робочої рідини (Q) на заданій швидкості руху агрегату становить:

$$q_1 = \frac{QVbn}{600} \quad (2.11)$$

З врахуванням виразу (2.8) отримаємо:

$$\frac{QVbn}{600} = \mu \cdot f_c \cdot \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}} \quad (2.12)$$

Визначимо значення робочого тиску у робочій системі:

$$\Delta p = \frac{\rho}{2} \cdot \left(\frac{Q \cdot V \cdot b}{600 \cdot \mu \cdot f_c} \right)^2 \quad (2.13)$$

Показники якості технологічного процесу, що виконується картоплесаджалкою із оприскувачем, визначені агротехнічними вимогами. Показники обприскування бульб картоплі та дна борозни робочим розчином є основними критеріями при порівняння різноманітних способів обприскування.

2.4. Теоретичне обґрунтування параметрів дросельної шайби-шайби

В результаті аналізу літературних джерел та технічної інформації, зокрема способів та технічних засобів для внесення робочих розчинів під час обприскування було встановлено, що одним з перспективних напрямів є створення розпилюючих пристроїв, які сприяють підвищенню ефективності процесу обприскування.

Задачею досліджень є створення умов отримання суцільного монодисперсного розпилення без зміни об'єму камери завихрення зі змінною розпилювальною дросельною шайби-вставкою із каналами в середині.

Поставлене технічне завдання можна досягнути встановленням дросельної шайби-вставки із каналами у знімній гайці-тримачі між трубкою та корпусом щілинного розпилювача (рисунок 2.2).

Пристрій для розпилення рідини містить: шайбу дросельну вставку 1 діаметром d_m з каналами 2 діаметром d_k встановлену у знімній гайці-тримачі 3 між підвідною трубкою 4 та корпусом щілинного розпилювача 5 із форсункою 6, Канали 2 в дросельній шайбі-вставці 1 виконано прямолінійними.

Центральний канал розташований паралельний осі потоку рідини. Через чотири крайні каналу здійснюється перепуск рідини на периферії камери завихрування 7 щілинного розпилювача. Дросельна шайба-вставка 1 вільно встановлюється у знімній гайці тримачі 3, але щільно встановлена між трубкою 4, та корпусом щілинного розпилювача 5. Форсунка для розпилення рідини працює таким чином. Робоча рідина, під певним напором подається у підвідну трубку 4, розділяється на окремі струмені: центральний та чотири периферійні. струмені, що витікають із крайніх чотирьох каналів, не завихрені, але вони завихрюються, коли рідина проходить на периферії камери завихрення 7, де втрати потоку на завихрування – мінімальні відповідно опір зменшується.

Отриманий потік робочого розчину надсилається до конусного каналу 6 корпусу форсунки 5. За відсутності центрального каналу, завихрений рух характеризується зниженим тиском по осі. Камера завихрення 7 утворюється

шайбою-вставкою 1 рідина піддається посиленій турбулізації. Після проходження через канали 2 шайби дросельної вставки 1, де відбувається попереднє подрібнення рідини до дрібної фракції, отриманий потік направляється до виходу із щілинного розпилувача, де відбувається кінцеве дроблення дисперсної фази та якість розпилення наближається до монодисперсного (розмір частинок 120-250 мкм).

Однією із головних функцій дросельної шайби-вставки, яка являє собою диск із одним центральним каналом та чотирма каналами, які нахилені до периферії камери завихрення, є створення умов отримання монодисперсного розпилення без зміни об'єму камери завихрення. При цьому шуканими параметрами є: висота та діаметр дросельної шайби-вставки, кількість каналів, діаметр каналу дросельної шайби-вставки, та кут нахилу і взаємне розташування каналів в дросельній шайбі-вставці. Ці параметри залежить від багатьох факторів (тиску, що розвивається насосом, геометричних розмірів камери закручування, діаметра вихідного отвору розпилувача, діаметра щілинного сопла розпилувача). Основними факторами для визначення конструктивно-технологічних параметрів є: опір дросельної шайби-вставки та витрата робочої рідини через сопло.

2.5. Обґрунтування параметрів дросельної шайби-вставки форсунки

Параметри дросельної шайби-вставки форсунки визначаємо відповідно до геометричних параметрів знімної гайки-тримача трубки яка подає робочий розчин до розпилувача.

Діаметр дросельної шайби-вставки рівний зовнішньому діаметру трубки, яка подає рідину та діаметру щілинного розпилувача.

Кількість та розташування каналів дросельної шайби-вставки визначаємо виходячи із конструктивних параметрів камери замирювання у щілинному розпилувачі. Така камера замирювання утворюється за рахунок встановлення

дросельної шайби-вставки. Внутрішній діаметр камери завихрювання дросельної шайби-вставки рівний 9 мм.

Виходячи із цього параметра максимальна кількість каналів дорівнює п'яти. Діаметр d_k каналу становить 1,5...2 мм. Міжосьова відстань між похилими каналами рівна $d = 5,5$ мм. Кут нахилу периферійних каналів вибирається так, щоб струмінь рідини із каналу повністю перекривав вертикальну стінку камери завихрення.

Оптимальний кут для встановлення в щілинні розпилювачі лежить в межах $20 \dots 23^\circ$.

2.6. Теоретичні дослідження розділення струменя робочого розчину під час витікання із щілинного розпилювача

У струменевій форсунці, як являється щілинним розпилювачем із дросельною шайбою-вставкою, поділ рідини здійснюється на два потоки.: один проходить через похилі канали дросельної шайби-вставки, а інший утворюється внаслідок проходження частини рідини через осьовий канал. Закручений та осьовий потоки взаємодіють у камері завихрювання та каналі сопла (рисунок 2.2). Ця взаємодія є визначальною для формування факела розпиленої рідини. Ділянку факела можна розділити на три зони: струйної течії, пінно-плівкового стану і утворення крапель.

Утворення щирого спектру крапель пов'язане із руйнуванням великих частинок робочої рідини на останньому етапі розпаду крапель рідини. Тоді, полідисперсність та середній розмір крапель можна зменшити, у випадку коли максимально продовжити існування пінно-плівкового стану; тоді перемички стануть тоншими та розпадатимуться із утворенням крапель менших розмірів.

Розглянемо явища, які супроводжують взаємодію осьового та закрученого потоків рідини у щілинному розпилювачі (рисунок 2.3).

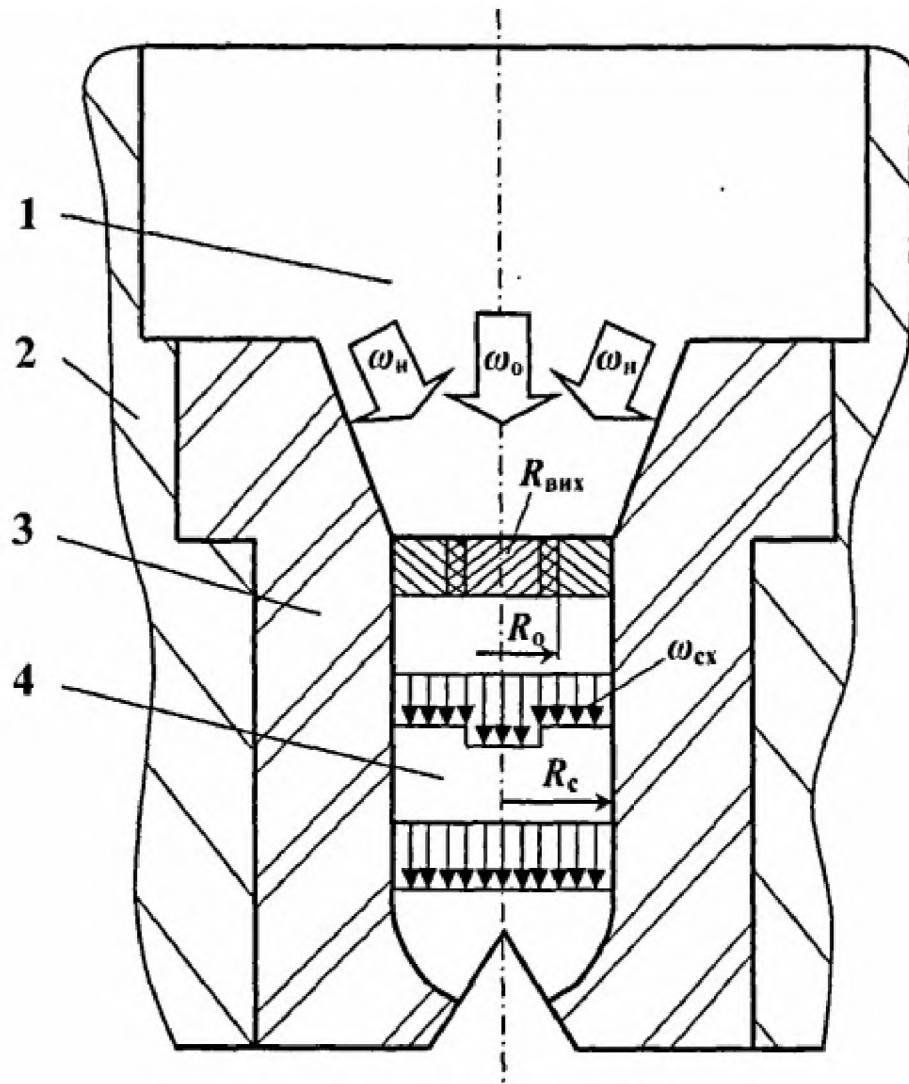


Рисунок 2.3 Схема взаємодії потоків рідини у камері загвинчування:

1 – камера змішування; 2 – корпус; 3 – керамічна вставка; 4 – сопло

Закручений потік обертається та рухається вздовж стінок камери закручування, а пізніше надходить у сопловий канал. Вектор швидкості закрученого потоку зобразимо у вигляді тангенціальної $\omega_{ср}$ та аксіальної $\omega_{сх}$ складових.

Тангенціальну складову швидкості осьового потоку вважатиму рівною нулю. У сопловому отворі взаємодія потоків відбувається у турбулентному зсувному шарі. В результаті спостерігається вирівнювання аксіальних складових швидкості, так як до взаємодії поступальна складова швидкості периферійного потоку в загальному випадку нижче, ніж осьового, завдяки

закручування. Крім того, частина кінетичної енергії передається осьовому потоку, який також набуває деякого обертання. Процеси турбулентного перенесення енергії супроводжуються обміном речовини між потоками, їх частковим взаємним проникненням.

Для теоретичного опису процесів, які протікають у щілинному розпилювачі необхідно знати режим та параметри руху рідини по каналах, а також характер взаємодії потоків цих потоків у камері закручування та у сопловому каналі.

Швидкість закінчення рідини у каналах більшості форсунок висока, режим руху - турбулентний. У цьому випадку розподіл швидкості, практично рівномірний.

Розподіл швидкості січення потоку у периферійних каналах дросельної шайби-вставки вважатимемо рівномірним, а рух рідини у цих січення поступальним.

Очікується, що у камері змішування і у каналі сопла струменевої форсунки взаємодія обох потоків наводитиме до вирівнювання швидкостей та їх взаємного перемішування на відстані трьох діаметрів осьового струменя від точки приєднання.

Проводячи аналогію між аналізованим перебігом газових потоків і змішанням потоків в щілинному розпилювачі, можна вважати, що розподіл аксіальної складової швидкості ω_{cx} буде рівномірним. Розподіл тангенціальної складової в сопловому каналі ω_{cf} будемо вважати що лінійний.

Тоді можна записати таку рівність:

$$\omega_{cf} / r = \text{const} \quad (2.14)$$

r - поточний радіус;

Таким чином, для теоретичного описи процесів, що протікають в щілинному розпилювачі, можна робимо такі припущення::

в камері змішування та у сопловому каналі здійснюється перенесення поступальної та обертальної енергії;

відбувається взаємне проникнення потоків із перенесенням речовини із одного шару у інший,

інтенсивність перенесення речовин пропорційна ступеню закручування потоку рідини;

профіль швидкості в сопловому каналі формується на відстані до трьох діаметрів від точки зєднання потоків;

результуючий профіль аксіальної складової швидкості приймаємо постійним,

профіль тангенціальної складової швидкості у сопловому каналі визначається залежністю:

$$\omega_{\text{сф}} = \omega_{\text{сфп}} r / R_c \quad (2.15)$$

При потоку ідеальної рідини для будь-яких двох перерізів справедливе рівняння Бернуллі:

$$\frac{\rho}{2} \omega_{\text{ж}}^2 + P_{\text{ж}} = P_{\text{СТ}} + \frac{\rho}{2} (\omega_{\text{сх}}^2 + \omega_{\text{сф}}^2) \quad (2.16)$$

де $\omega_{\text{ж}}$ та $P_{\text{ж}}$ - відповідно швидкість та тиск рідини у трубопроводі,

$\omega_{\text{сх}}$ - аксіальна складова швидкості у каналі сопла.

Приймаємо, що швидкість рідини у трубопроводі мала, та витікання рідини відбувається із судини досить великої ємності. Відповідно $P_{\text{Т}} \gg \rho \omega_{\text{Т}}^2$ та рівняння (2.16) набуде наступного вигляду:

$$P_{\text{ж}} = P_{\text{СТ}} + \rho (\omega_{\text{сх}}^2 + \omega_{\text{сф}}^2) / 2 \quad (2.17)$$

З рівняння (2.17) випливає, що енергія тиску трубопроводі витрачається на створення аксіальної та тангенціальної складових швидкості рідини в каналі сопла та статичного тиску, який обумовлений загвинчуванням потоку.

Поширюючи вираз на весь потік у канал сопла і та врахуємо нерівномірність розподілу швидкостей і тиску по перерізу, перейдемо до середніх значень величин [10]:

$$P_{ж} = \bar{P}_{СТ} + \rho(\bar{\omega}_{сх}^2 + \bar{\omega}_{сф}^2) / 2 \quad (2.18)$$

Витрата рідини через отвір сопла рівна сумарній витраті через осьовий та похилі канали дросельної шайби-вставки:

$$G_c = G_0 + G_H \quad (2.19)$$

де G_0 - витрата через осьовий канал;

G_H - витрата через похилий канал;

Вирази для витрат рідини рівні:

$$\begin{aligned} G_c &= \omega_{сх} f_c \varphi_c; \\ G_0 &= \omega_0 f_0 \varphi_0; \\ G_H &= \omega_H \sum f_H \varphi_H \end{aligned} \quad (2.20)$$

Вважаємо, що похили та осьовий канали, повністю заповнені рідиною. Тоді коефіцієнти $\varphi_H = \varphi_0 = 1$ а коефіцієнт заповнення соплового каналу φ_c рівний:

$$\varphi_c = 1 - R_{ВИХ}^2 / K_c^2 \quad (2.21)$$

де $R_{\text{вих}}$ і R_c - радіуси вихору та сопла відповідно.

За відсутності втрат на тертя у похилих та осьових каналах дросельної шайби-вставки можна вважати, що $\omega_H = \omega_0$

Тоді, розв'яжемо систему рівнянь (2.20) відносно ω_H :

$$\omega_H = \frac{\omega_{\text{cx}} f_c \Phi_c}{\sum f_H + f_0} \quad (2.22)$$

Виходячи із припущення про повне змішування обох потоків рідини у камері змішування та у каналі сопла, можна вважати, що потік моменту імпульсу, є постійним по всій своїй довжині сопла:

$$L_H = L_c \quad (2.23)$$

Потік моменту імпульсу через довільний переріз круглої форми визначається наступним виразом:

$$L = 2\pi\rho \int_{R_1}^{R_2} r^2 \omega_x \omega_\varphi dr \quad (2.24)$$

Сумарний потік моменту імпульсу L_H , що набуває рідини при проходженні через похилі канали становить:

$$L_H = \omega_H^2 \sin \alpha \bar{R} \sum f_H \quad (2.25)$$

Після підстановки та інтегрування від $R_{\text{вих}}$ до R_c отримаємо:

$$L_c = 2\pi\rho \int_{R_{\text{вих}}}^{R_c} \omega_{\text{сх}} \omega_{\text{сфм}} \frac{r^3}{R_c^2} dr \quad (2.26)$$

Після перетворень з урахуванням $\omega_{\text{сх}} = \text{const}$ вираз (2.26) можна переписати у вигляді:

$$L_c = \frac{1}{2} f_c R_c \omega_{\text{сх}} \omega_{\text{сфм}} (2 - \varphi) \varphi \quad (2.27)$$

Знайдемо відношення складових швидкості рідинного потоку біля стінки каналу:

$$\frac{\omega_{\text{сфм}}}{\omega_{\text{сх}}} = 2 \frac{\bar{R}_H}{R_c} \sin \alpha \frac{f_c \sum f_H}{(f_0 + \sum f_H)^2} \cdot \frac{\varphi}{2 - \varphi} \quad (2.28)$$

Введемо позначення:

$$2 \frac{\bar{R}_H}{R_c} \sin \alpha \frac{f_c \sum f_H}{(f_0 + \sum f_H)^2} = A^* \quad (2.29)$$

де A^* – геометричний комплекс, який характеризує співвідношення обертальної та поступальної енергії в каналі;

Тоді,

$$\omega_{\text{сфм}} / \omega_{\text{сх}} = 2A^* \varphi (2 - \varphi) \quad (2.30)$$

Визначимо середні значення величин, яка входять до рівняння (2.30).

Статичний тиск у будь-якій точці соплового каналу обумовлений зміщенням потоку.

Різниця сил тиску на бічну поверхню елемента рідини товщиною dr , довжиною dl на радіусі r від осі сопла врівноважує відцентрову силу:

$$dl dP_{CT} = \frac{\omega^2 c \varphi}{r} dm \quad (2.31)$$

dm - маса елемента, $dm = \rho dl dr$, тоді

$$dP_{CT} = \rho \frac{\omega^2 c \varphi}{r} dr \quad (2.32)$$

З урахуванням розподілу тангенціальної компоненти швидкості маємо:

$$dP_{CT} = \rho \frac{\omega^2 c \varphi m}{R_c^2} r dr \quad (2.33)$$

Взявши від цього виразу інтеграл за поточним радіусом, отримаємо розподіл статичного тиску по перерізу соплового каналу:

$$P_{CT}(r) = \rho \frac{\omega^2 c \varphi m}{2R_c^2} (r^2 + \text{const}) \quad (2.34)$$

Постійну інтегрування визначимо за умови рівності нулю статичного тиску на межі повітряного вихору:

$$P_{CT}(r) = \rho \frac{\omega^2 c \varphi m}{2R_c^2} (r^2 + R_{\text{вих}}^2) \quad (2.35)$$

Середній статичний тиск у каналі дорівнює відношенню сили тиску до площі:

$$\bar{P}_{CT} = \bar{P} / f . \quad (2.36)$$

Елемент сили становить:

$$dP = P_{CT}(r)df , \quad (2.37)$$

Елемент поверхні рівний:

$$df = 2\pi r dr . \quad (2.38)$$

Тоді середня статичний тиск становитиме:

$$\bar{P}_{CT} = \omega_{сфм}^2 \varphi / 4 \quad (2.39)$$

Тенденційна складової швидкості становить:

$$\bar{\omega}_{сф}^2 = \omega_{сфм}^2 (2 - \varphi) / 2 \quad (2.40)$$

Тоді, вираз для аксіальної складової швидкості рідинного потоку в каналі сопла:

$$\omega_{сх} = \sqrt{\frac{2P_{ж}}{\rho}} \left(1 + \frac{\varphi^2 A^*}{(2 - \varphi)^2}\right)^{-0.5} \quad (2.41)$$

Витрати рідини через отвір сопла дорівнює:

$$G = \omega_{сх} f_c \varphi \quad (2.42)$$

На основі виразів (2,41) та (2.42), враховуючи теоретичні витрати $G = \omega_c \sqrt{2P_{ж} / \rho}$, коефіцієнт витрати щілинного розпилювача становить:

$$\mu = \left[1/\varphi^2 + A^{*2}/(2-\varphi)^2 \right]^{-0,5} \quad (2.43)$$

Для визначення зв'язку між коефіцієнтом заповнення сопла та показником A^* використовуємо принципом максимуму витрати, якій еквівалентна умова мінімуму питомої енергії живого перерізу за відсутності втрат тертя. Для цього здійснимо диференціювання виразу (2,43) по φ та прирівняємо отриманий вираз до нуля.

Тоді

$$A^{*2} = [(2-\varphi)/\varphi]^3 \quad (2.44)$$

Вважаємо, що $\varphi = 1$, отримаємо умову суцільного заповнення каналу сопла щілинного розпилювача: $A^*_{кр} = 1$

Отже, у випадку коли $A^* \leq 1$ сопло заповнено повністю, за умови $A^* \geq 1$ в каналі сопла утворюється повітряний вихор.

2.7. Висновки

Проведено удосконалення технологія посадки картоплі із одночасною обробкою бульб та дна борозни робочим розчином пестицидів та розроблена удосконалена конструкція картоплесаджалки-протруювача.

Отримано аналітичні залежності, що описують проходження робочого розчину через похилі канали дросельної шайби-вставки і через осьовий канал розпилювача.

Отримана математично модель взаємодії потоків робочого розчину в камері змішування.

Досліджено процеси зміни швидкості рідини у каналі сопла розпилювача через витрати робочого розчину через канал та витрати робочого розчину через

канал сопла, витрати робочого розчину через периферійні отвори і центральний канал дросельної шайби.

Запропоновано і аналітично розроблено схему взаємодії потоків рідини у камері завихрення.

Отримано аналітичні вирази, які описують струменевий потік, пінно-плівковий стан та утворення крапель, які спричинені руйнуванням великих частинок робочого розчину на останньому етапі розподілу

РОЗДІЛ 3

ПРОГРАМА, МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Програма і загальна методика експериментальних досліджень

У кваліфікаційній роботі магістра бакалавра було проведено експериментальні дослідження процесу обробки бульб картоплі та дна борозни розчином пестицидів.

У програму експериментальних досліджень входили наступні питання:

- визначення кута факелу розпилення форсункою робочої рідини;
- визначення оптимальної висоти розташування форсунки над поверхнею борозни ґрунту;
- обґрунтування раціональних параметрів форсунки розпилювача із застосуванням математичного методу планування експерименту.

3.2. Лабораторне обладнання, прилади та апаратура для проведення досліджень

Для проведення дослідження у кваліфікаційній роботі магістра використовували наступне обладнання:

Лабораторна установка картоплесаджалки- протруювача бульб картоплі та дна борозни розчином пестицидів (рисунок 3.1, рисунок 3.2). Лабораторна установка складається із дворядної картоплесаджалки, двох ранцевих розпилювачів які встановлені на саджалці та трактора DONGFENG 244 DHX.



Рисунок 3.1 Загальний вигляд лабораторної установки картоплесаджалки-протруювача

Для визначення кута факелу розпилення використовували лабораторну установку загальний вигляд якої наведений на рисунку 3.3. Стенд містить платформу, шкалу для визначення кута факелу розпилення, штангу для кріплення розпилювача, мірну лінійку, стіл, для приладів, трубопроводи подачі робочої рідини, бак, манометр та електронасос. На стенді використовується шестеренний насос 16 НШ-32 привід якого здійснюється від електродвигуна.

На робочому столі встановлена вертикальна панель із нанесеною шкалою кутів.



Рисунок 3.2 Фото розміщення розпилювачів на картоплесаджалці-протруювачі

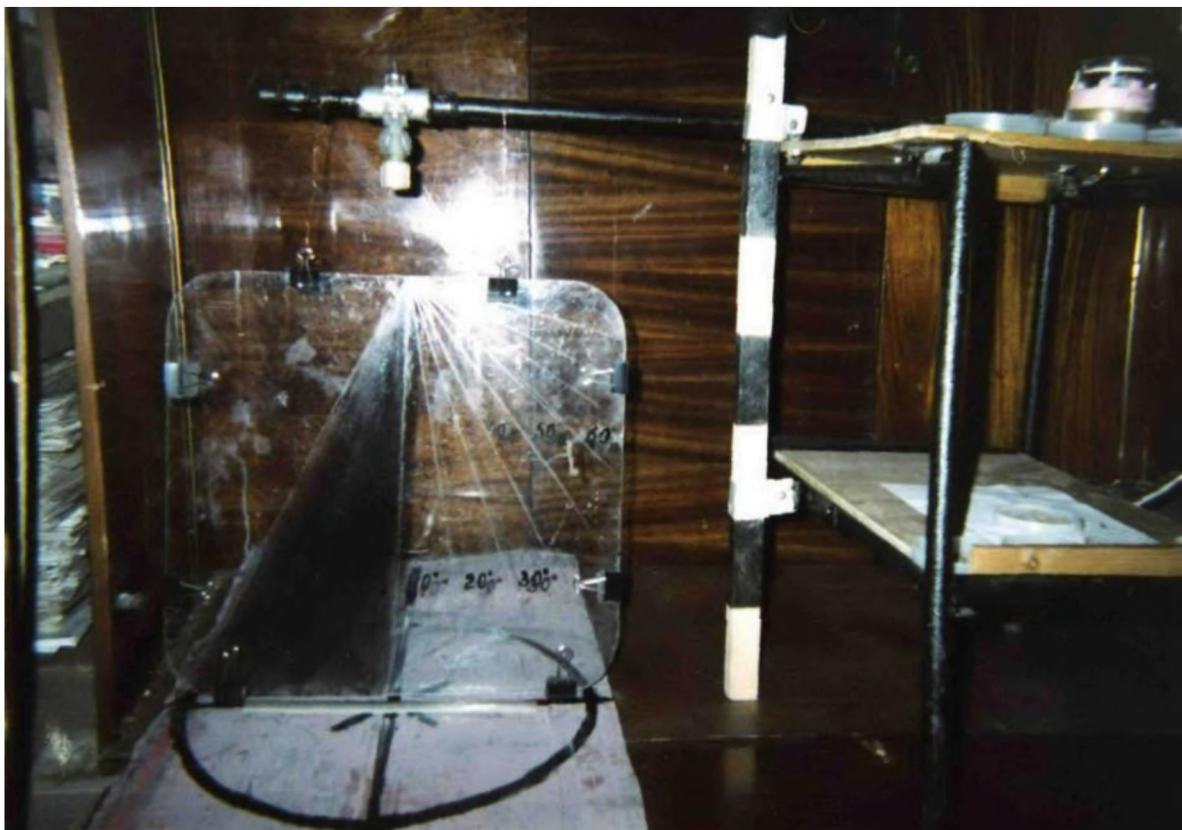


Рисунок 3.3 Фото установки для дослідження кута конуса факела розпилення



Рисунок 3.4 Фото установки для дослідження витрати рідини розпилювачем

3.3. Методика визначення кута факелу розпилення форсункою робочої рідини

Для визначення кута розпилення робочої рідини використовували лабораторну установку загальний вигляд якої наведено на рисунку 3.3.

Встановлювали висоту розташування форсунки над робочою поверхнею $Z = 150 \text{ мм}$. Висоту розташування форсунки перевіряли за допомогою мірної лінійки. Заливали робочу рідину (воду із додаванням емульсії, для кращого ресурсу напрацювання насоса). Після цього встановлювали на робочому столі вертикальну панель із нанесеною шкалою так, щоб початок шкали зівпадав із положенням форсунки, а нульова вісь шкали розташовувалась вертикально.

Вмикали привід шестеренчастого насоса, кут факела який створювався розпилювачем форсунки визначали візуально шляхом його порівняння із нанесеною шкалою на вертикальній панелі.

Від нульової точки відліку по лінійці вправо та вліво визначали відстані B_1 та B_2 до видимих меж факелу розпилювача. Після цього за значеннями B_1 і B_2 визначали величину кутів $\alpha_1, ^\circ$ та $\alpha_2, ^\circ$. Сума цих кутів давала повний кут факела розпилювача $\alpha, ^\circ$. Результати досліджень заносили у таблицю 3.1.

Кут факелу можна знайти за відомими значеннями висоти розташування форсунки Z та ширині основи кута розподілу B_k :

$$\alpha = 2 \cdot \arctg\left(\frac{B_k}{2Z}\right) \quad (3.1)$$

3.4. Методика визначення витрати рідини розпилювачем форсунки

Для визначення витрати рідини використовували установку яка наведена на рисунку 3.4. Для вимірювання хвилинних витрат застосовували використовувалися тарована ємність для рідини. Зважування ємності

відбувалося на початку дослідження (ємкість пуста) та із наповненою ємкістю. Відбір рідини з розпилювача відбувався протягом 1 хв. Час відраховували по секундоміру з точністю ± 1 секунда. Різниця між наповненою (протягом 1 хвилини) та пустою ємкістю давала масу і відповідно об'єм витрати рідини розпилювача.

3.5. Методика проведення багатofакторного експерименту

При проведенні експериментальних досліджень було досліджено вплив факторів на витрату робочого розчину через форсунку розпилювача. Конструктивні параметри дросельної шайби-вставки визначені на основі теоретичних досліджень та можливості формування мінімальної та максимальної дози робочих розчинів. Для цього був застосований трьох факторний експеримент із використанням симетричного некомпозиційного плану реалізації експерименту Бокса-Бенкіна другого порядку [19].

Фактори та рівні варіювання наведені у таблиці 3.1.

Дослідження здійснювали відповідно, використовуючи матрицю планування експерименту. У розкодованому вигляді матриця планування експерименту наведена у таблиці 3.2.

Таблиця 3.1 - Фактори і рівні варіювання

Рівні варіювання	Фактори		
	Діаметр каналу шайби-вставки, $d_k, \text{ м} \cdot 10^{-3}$	Висота шайби-вставки, $h, \text{ м} \cdot 10^{-3}$	Тиск рідини, $P, \text{ МПа}$
	x_1	x_2	x_3
Верхній (+1)	1,2	2	0,25
Нульовий (0)	1,5	3	0,35
Нижній (-1)	1,8	4	0,45
Інтервал варіювання, ϵ	0,3	1	0,1

Зв'язок між факторами визначається такими виразами:

$$x_1 = \frac{d_k - d_{k0}}{\varepsilon_1}; \quad x_2 = \frac{h - h_0}{\varepsilon_2}; \quad x_3 = \frac{P - P_0}{\varepsilon_3} \quad (3.2)$$

де x_1, x_2, x_3 , – кодові значення факторів, діаметр каналу шайби-вставки, висота шайби-вставки, тиск рідини;

d_k, h, P – натуральні значення факторів діаметр каналу шайби-вставки, висота шайби-вставки, тиск рідини;

d_{k0}, h_0, P_0 – натуральні значення факторів діаметр каналу шайби-вставки, висота шайби-вставки, тиск рідини на нульовому рівні;

$\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$ – інтервали варіювання факторів.

Рівняння регресії має наступний вигляд [19]:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2 \quad (3.3)$$

Коефіцієнти регресії [19]:

$$b_0 = 0,33333 \sum_{j=1}^n y_j - 0,16667 \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n x_{ij}^2 y_j; \quad (3.4)$$

$$b_i = 0,08333 \sum_{j=1}^n x_{ij} y_j; \quad (3.5)$$

$$b_{ii} = 0,125 \sum_{j=1}^n x_{ij}^2 y_j + 0,0625 \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n x_{ij}^2 y_j - 0,16667 \sum_{j=1}^n y_j; \quad (3.6)$$

$$b_{ir} = 0,25 \sum_{j=1}^n x_{ij} x_{rj} y_j, \quad (3.7)$$

де j – номер дослідів в матриці планування;

y_j – значення функції відгуку в j -му досліді;

Перевірка адекватності рівняння здійснювалась за допомогою критерію Фішера (F_{ϕ} критерію). [10]:

$$F_{f_2;f_1}^{\text{розр.}} \leq F_{0,05;f_2;f_1}^{\text{табл.}}, \quad (3.8)$$

де $F_{0,05;f_2;f_1}^{\text{табл.}}$ – табличне значення критерію Фішера за 5%-му рівні значущості та ступені вільності дисперсії неадекватності f_2 і дисперсії відтворюваності f_1 .

$f_2 = n - k'$ – число ступенів вільності дисперсії неадекватності.

Розрахункове значення критерію Фішера становить [10]:

$$F_{f_2;f_1}^{\text{розр.}} = \frac{S_{\text{неад.}}^2}{S_y^2}, \quad (3.9)$$

де $S_{\text{неад.}}^2$ – дисперсія неадекватності, яка визначена;

S_y^2 – дисперсія відтворюваності експерименту;

3.5. Результати дослідження кута факелу розпилення форсункою робочої рідини

Визначення кута факелу розпилення форсункою робочої рідини та величину основи конуса факела здійснювали за допомогою лабораторної установки, яка наведена на рисунку 3.3 та методики викладеної у пп. 3.3. Порівняння значень кутів $\alpha_1,^0$ та $\alpha_2,^0$ (таблиця 3.2) дає можливість зробити висновок про симетричність факелу. Кутова факела для плоскофакельних розпилювачі знаходилися в межах від 90^0 до 120^0 залежно від типорозміру розпилювача (таблиця 3.1)

При відомій висоті розташування штанги Z над поверхнею кут факела α розпилювача знаходимо по ширині основи конуса Vk за формулою (3.1) з метою спрощення розрахунків побудовано номограму (рисунок 3.5) для визначення кута конуса розпилення залежно від співвідношення $Vk/2Z$. Важливим фактором ефективної роботи оприскувача бульб картоплі під час посадки являється висота встановлення штанги над дном борозни .

Таблиця 3.2 - Значення кутів розпилення залежно від показників В1 та В2 на висоті 150 мм від розпилювача

Половина основи конуса розпилу В1, мм	Величина пів кута $\alpha_1, ^\circ$	Половина основи конуса розпилу В2, мм	Величина пів кута $\alpha_2, ^\circ$
150	45	150	45
161	47	161	47
173	49	173	49
185	51	185	51
200	53	200	53
214	55	214	55
231	57	231	57
250	59	250	59

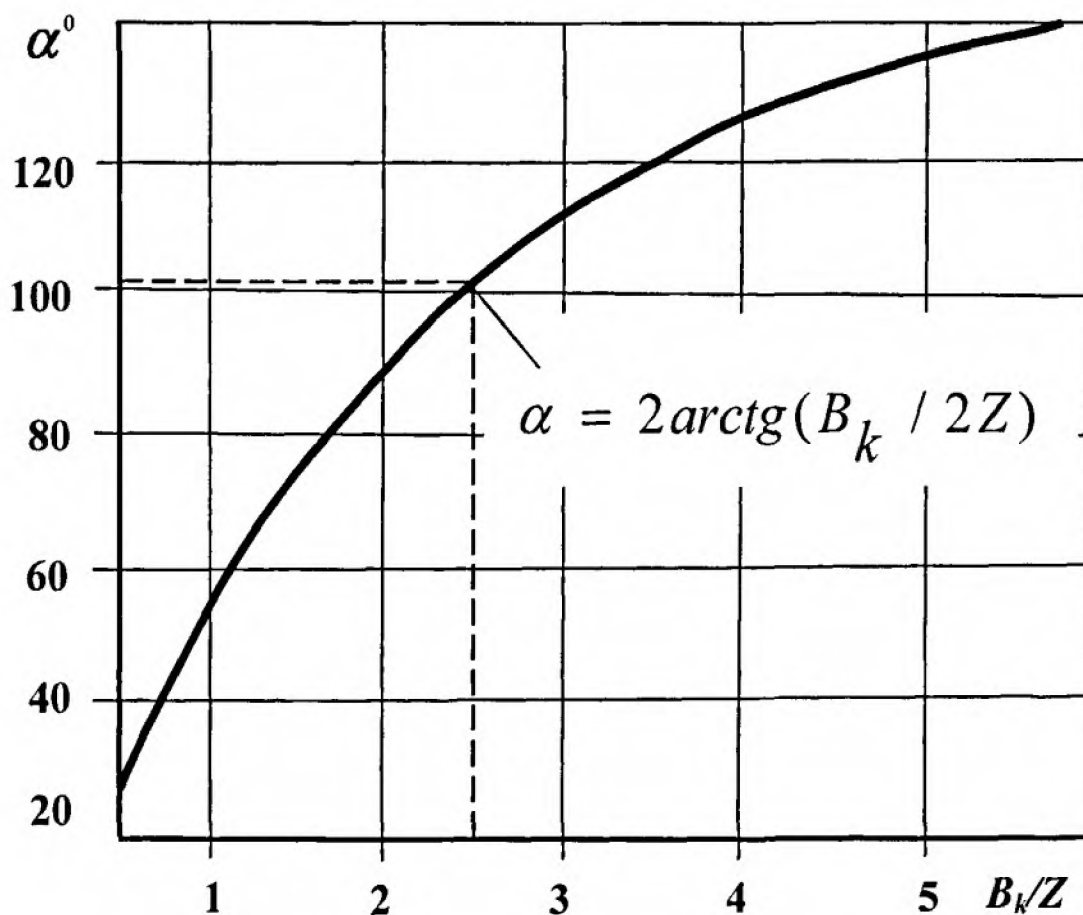


Рисунок 3.5 Номограма визначення конуса розпилення робочого розчину залежно від співвідношення ширини факелу розпилення та висоти розташування розпилювача над поверхнею обприскування.

РОЗДІЛ 4

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ МАТЕМАТИЧНОГО МЕТОДУ ПЛАНУВАННЯ

4.1. Результати дослідження з використанням математичного методу планування експерименту

У кваліфікаційні роботі магістра проведено багатфакторний експеримент із використанням плану Бокса-Бенкіна. Методика проведення експерименту наведена в розділі 3. Кількість факторів при експерименті становила рівна трьом.

Результати проведення багатфакторного експерименту по визначенню витрати рідини розпилювачем форсунки залежно від наступних факторів: діаметр каналу шайби-вставки, висота шайби-вставки, тиск рідини у розпилювачі.

Обробка отриманих даних здійснювалася на ПЕОМ із використанням програми Mathcad 15 (див. додаток А). У результаті обробки даних результатів трьох факторного експерименту, отримали рівняння регресії, що характеризує витрати рідини розпилювачем форсунки залежно від діаметра каналу шайби-вставки, висоти шайби-вставки, тиску рідини у розпилювачі.

Перевірка відтворюваності дослідів здійснювалась за Критерієм Кохрена:

$$G=0,297 \leq G_{\text{табл.}}(0,05;n;f_u)=0,335 \quad (4.1)$$

Так-як розглядуваний процес відтворюваний, то визначили коефіцієнти рівняння регресії. Значущість коефіцієнтів регресії оцінювали за допомогою критерію Стюдента. Критерій Стюдента за 5%-му рівня значущості та числа ступенів вільності дисперсії відтворюваності $f_1=2$ становить $t(0,05;2)=4,3$ [19].

Таблиця 4.1 - Результати проведення багатофакторного експерименту

№	x ₁	x ₂	x ₃	Середнє витрати форсунки розпилювача Q*10 ⁻³ л/хв
1	+1	+1	0	654
2	-1	+1	0	555
3	+1	-1	0	675
4	-1	-1	0	525
5	+1	0	+1	680
6	-1	0	+1	565
7	+1	0	-1	580
8	-1	0	-1	378
9	0	+1	+1	565
10	0	-1	+1	575
11	0	+1	-1	415
12	0	-1	-1	420
13	0	0	0	547
14	0	0	0	534
15	0	0	0	524

Довірчі інтервали коефіцієнтів регресії становлять:

$$\Delta b_0=29.06, \Delta b_j=17.8, \Delta b_{jj}=25.2, \Delta b_{jj}=26.2$$

В результаті проведення розрахунків у системі Matcad та виключення незначущих коефіцієнтів, отримали рівняння регресії у кодovаних факторах:

$$y = 535,4 + 70,75x_1 + 74x_3 - 12,75x_1x_2 + 61,91x_1^2 - 45,60x_3^2 \quad (4.2)$$

де x_1 – кодоване натуральні значення факторів діаметр каналу шайби-вставки;

x_2 – кодоване значення висота шайби-вставки ;

x_3 – кодоване тиску рідини.

Рівняння регресії у натуральному вигляді має вигляд:

$$Q = 63.75h - 1.7 \cdot 10^3 dk + 4 \cdot 10^3 \cdot P + 671.81dk^2 - 4.66 \cdot 10^3 \cdot P^2 - 42.5dk \cdot h + 708.2 \quad (4.3)$$

Перевірка адекватності отриманого рівняння регресії (4.3) проводили здійснювали за критерієм Фішера.

Розрахункове значення F_p – критерію становило: $F_p = 3,008$

Табличне значення критерію F_p - Фішера , становить [19]:

$$F_{\text{табл.}}(0,05;f_2;f_1) = 19,4 \quad (4.4)$$

де f_2 – число ступенів вільності дисперсії неадекватності ($f_2 = 7$);

f_1 – число ступенів вільності дисперсії відтворюваності ($f_1 = 2$).

Оскільки умова $F_p = 3,008 \leq F_{\text{табл.}}(0,05;f_2;f_1) = 19,4$, то математична модель являється адекватною.

За отриманим рівнянням регресії у натуральному вигляді (4.3) побудували поверхні відгуку (рисунок 4.1), які характеризує залежність витрати робочого розчину форсунки розпилювача від діаметр каналу шайби-вставки, висоти шайби-вставки та тиску рідини.

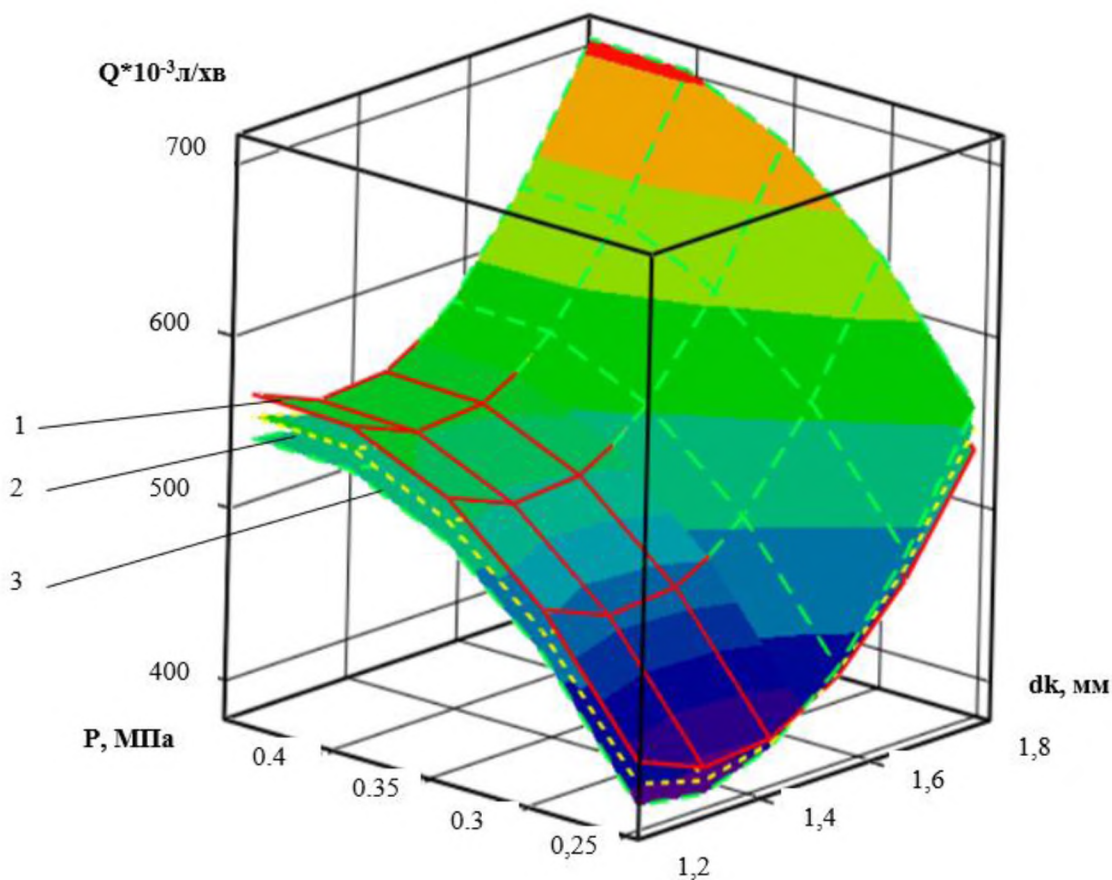


Рисунок 4.1 Поверхні відгуку які характеризують залежність витрати робочого розчину форсунки розпилювача Q від діаметр каналу шайби-вставки dk та тиску рідини P при висоті шайби-вставки: 1 – $h=2$; 2 – $h=3$; 3 – $h=4$.

4.2 Висновки

На основі результатів випробування форсунки розпилювача яка встановлена на картоплесаджалці із одночасною обробкою бульб та поверхні борозни робочим розчином пестицидів, лабораторної установки шнекового дозатора можна зробити висновок, що діаметр каналу шайби-вставки dk , та тиск рідини P мають суттєвий вплив на витрату розчину. Висота шайби-вставки h в досліджуваних межах $h=2\dots4$ мм практично не впливає на витрату робочого розчину розпилювачем.

ВИСНОВКИ

На основі аналізу літературних джерел за темою дослідження розроблено класифікація способів та технічних засобів для розпилення робочих розчинів пестицидів.

Запропоновано конструкцію картоплесаджалки із одночасною обробкою бульб картоплі та дна борозни пестицидами та запропоновано конструкцію дросельних шайб-вставок для встановлення в сопла розпилювачів. Розроблено функціональну схему картоплесаджалки-протруювача та складальне креслення пристрою для обробки бульб картоплі і дна борозни пестицидами.

Проведено теоретичні обґрунтування підвищення ефективності роботи форсунки зі щільним розпилювачем, при використанні дросельних шайб-вставок.

Отримано аналітичні залежності, що описують проходження робочого розчину рідини через осьовий канал та через похилі канали дросельної шайби-вставки, отримана математична модель взаємодії цих потоків розчину у камері завихрення, досліджено процеси зміни швидкості руху робочого розчину в сопловому каналі, та витрату рідини через центральний канал та витрату через соплові канали, розроблена схема взаємодії потоків рідини робочого розчину у камері завихрення.

Проведено експериментальні дослідження кута факелу розпилення форсункою робочої рідини, результати яких наведено у таблиці 3.2. Побудовано номограму визначення конуса розпилення робочого розчину залежно від співвідношення ширини факелу розпилення та висоти розташування розпилювача над поверхнею обприскування (рисунок 3.5). Використання даної номограми дозволяє визначити величину кута розпилення за відомими висотою розташування форсунки та основою конуса розпилення. Встановлено, що форсунки із дросельною шайбою-вставочкою мають симетричний розпилення, оскільки величини кутів $\alpha_1,^0$ та $\alpha_2,^0$ однакові.

В результаті проведення багатофакторного експерименту отримано математична модель, що адекватно описує технологічний процес розпилення робочого розчину пестицидів із застосуванням дросельних шайб-вставок. Встановлено оптимальні параметри дросельної шайби-вставки: діаметр центрального отвору дросельної шайби-вставки 1,5-1,8 мм, висота дросельної шайби-вставки віна 2-3 мм. Тиск у системі рівний 0,25 до 0,35 МПа.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Elleriis J. Development of a Hot Water District Energy Scheme in the Copenhagen Region / The Metropolitan Copenhagen Heating Transmission Company, 2002. – 32 p.
2. Reitz,R.D., Bracco,F.V. Mechanism of atomization of liquid jet. Phys.Fluids. – 1982. – 1730–1742.
3. Sirignano,W.A., Mehring,C. Review of theory of distortion and disintegration of liquid streams. Prog.Energy Combust.Sci. – 2000. – 609–655.
4. Yoon,S.S., Heister,S.D. Categorizing linear theories for atomizing round jets, Atomization and Sprays(SCI). – 2003. – 499–516.
5. Актара. Паспорт спеціальності - URL: <https://www.syngenta.ua/aktara-dlya-dach-ta-gorodiv> (дата звернення: 27.10.2023).
6. Аналіз технічних засобів для протруювання посадкового матеріалу картоплі - URL: https://studbooks.net/1223577/agropromyshlennost/analiz_tehnicheskih_sredstv_prot_ravlivaniya_posadochnogo_kartofelya (дата звернення: 30.10.2023).
7. Інститут картоплярства. Система насінництва - Режим доступу: https://ikar.in.ua/potato_intresting/seed/ ((дата звернення: 25.09.2023.)
8. Кваліфікаційна робота магістра [Текст] : методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи магістра для здобувачів другого (магістерського) рівня освітньо-професійної програми «Агроінженерія» галузь знань 20 Аграрні науки та продовольство спеціальності 208 Агроінженерія денної та заочної форм навчання / уклад. В.В. Сацюк, Р.В. Кірчук, Л.Ю. Забродоцька. – Луцьк : Луцький НТУ, 2020. - 60 с.
9. Коваль В. П. Малооб'ємне обприскування / В. П. Коваль, О. І. Мележик // Карантин і захист рослин. – 2009. – № 7. – С. 17–20.
10. Мележик О.І. Покращення дисперсності розпилення пестицидів; дис. канд. технічних наук; 05.05.11 – Машини і засоби механізації

сільськогосподарського виробництва / Мележик Олександр Іванович
Дніпропетровськ, 2009, -180с.

11. Обладнання для захисту рослин. Обприскувачі. Частина 1. Методи випробовування насадок для розприскування (ISO 5682-1:1996, IDT): ДСТУ ISO 5682-1:2005. – [Чинний від 2007-10-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2007. – 13 с. – (Національний стандарт України).

12. Обприскувачі-опилювачі для внесення засобів захисту рослин і рідинних добрив. Захист довкілля. Частина 2. Обприскувачі польових культур (EN 12761-2:2004, IDT) : ДСТУ EN 12761-2:2004 – [Чинний з 2006-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2005. – 12 с. – (Національний стандарт України).

13. Підготовка бульб картоплі до садіння / Т.М.Купріянова // Овощи и фрукты/ - 2018 - URL: <https://www.pro-of.com.ua/pidgotovka-bulb-kartopli-do-sadinnya/> (дата звернення 20.10.2023).

14. Підготовка насінневої картоплі до садіння / О. Вишнеvsька // Пропозиція/ — 2017.— № 3. – С. 164-166 - URL: <https://propozitsiya.com/ua/pidgotovka-nasinnyevoyi-kartopli-do-posadky>. (дата звернення: 27.10.2023).

15. **Романов Р.** Удосконалення технології вирощування картопліТези ІІІ студентської науково-технічної конференції «Сучасні технології у агропромисловості та природокористуванні». Луцьк: Факультет аграрних технологій та екології, ЛНТУ. С.55-57

16. Санін В. А. Прогресивний спосіб обприскування з примусовим повітряним осадженням розпилюваної рідини / В. А. Санін // Новини захисту рослин. Додаток до журналу Пропозиція. – вересень 1998. – С. 28–30.

17. Сацюк В. В., **Романов Р.В.** Математичне моделювання траєкторії руху машино-тракторного агрегату. Інноваційні технології в АПК: збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції., м. Луцьк 7-8 берез. 2023 р. Луцьк: ЛНТУ, 2023 - С. 147-150.

18. Хайліс Г.А. Основи теорії і розрахунку сільськогосподарських машин: Навч. посібник. – Київ: Вид-во УСГА. 1992. - 240с.

19. Хайліс Г.А., Коновалюк Д.М. Основи проектування і дослідження сільськогосподарських машин: Навчальний посібник. – К.: НМК ВО, 1992. - 320 с.

ДОДАТКИ

Додаток В

Трифакторний експеримент за планом Бокса-Бенкена

Вихідні дані для розрахунку:

Кількість експериментів: $n \equiv 15$

Кількість повторностей: $m \equiv 3$

Матриця планування експерименту:

Матриця результатів експерименту:

Кількість дослідів у центрі плану: $n_0 \equiv 3$

$$X \equiv \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 \\ -1 & 1 & 0 \\ 1 & -1 & 0 \\ -1 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & -1 \\ -1 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & -1 & 1 \\ 0 & 1 & -1 \\ 0 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$Y \equiv \begin{pmatrix} 650 & 654 & 658 \\ 555 & 555 & 555 \\ 675 & 675 & 675 \\ 525 & 525 & 525 \\ 680 & 680 & 680 \\ 565 & 565 & 565 \\ 580 & 580 & 580 \\ 378 & 378 & 378 \\ 565 & 565 & 565 \\ 575 & 575 & 575 \\ 415 & 415 & 415 \\ 420 & 420 & 420 \\ 550 & 545 & 548 \\ 535 & 538 & 530 \\ 520 & 528 & 525 \end{pmatrix}$$

Табличне значення критерію Стюдента:

$$t \equiv 4.3$$

Табличне значення критерію Кохрена:

$$G_{таб} \equiv 0.335$$

Результати розрахунку:

Матриця середніх значень результатів експерименту:

Коефіцієнти регресії:

$$Y_{CER_1} = \begin{pmatrix} 654 \\ 555 \\ 675 \\ 525 \\ 680 \\ 565 \\ 580 \\ 378 \\ 565 \\ 575 \\ 415 \\ 420 \\ 547.667 \\ 534.333 \\ 524.333 \end{pmatrix}$$

$$b_0 = 535.444 \quad b_1 = 70.75 \quad b_2 = -0.75 \quad b_3 = 74$$

$$b_{12} = -12.75 \quad b_{13} = -21.75 \quad b_{23} = -1.25$$

$$b_{jj_0} = 61.903 \quad b_{jj_1} = 4.903 \quad b_{jj_2} = -46.59$$

Критерій Кохрена:

$$G_{роз} = 0.297 \quad G_{таб} = 0.335$$

Довірчі інтервали коефіцієнтів регресії:

$$\Delta b_0 = 29.062 \quad \Delta b_j = 17.797 \quad \Delta b_{jr} = 25.169 \quad \Delta b_{jj} = 26.195$$

Дисперсія відтворюваності експерименту:

$$S_{y2} = 137.037$$

Дисперсія неадекватності:

$$S_{неад2} = 412.236$$

**Значення функції відгуку
отримані за р-ням регресії:**

YR₁ = (668.097
526.597
668.097
526.597
695.5
554
547.5
406
562.847
562.847
414.847
414.847
535.444
535.444
535.444)

**число ступенів вільності
дисперсії неадекватності -** f2 = 9
**відтворюваності
експерименту -** f1 = 2

Критерій Фішера: Fрозр = 3.008 < Fтабл := 19.4

**Гіпотезу адекватності рівняння регресії приймаємо
коли Fрозр < Fтаб(0,05,f2,f1)**

**Остаточні значення коефіцієнтів регресії в кодованому
вигляді:**

β_0 b0 = 535.444 β_1 b0 = 70.75 β_2 b1 = 0 β_3 b2 = 74
 β_{12} b12 := -12.75 β_{13} b13 = 0 β_{23} b23 = 0
 β_{11} bjj0 = 61.903 β_{22} bjj1 = 0 β_{33} bjj2 = -46.597

Натуральні величини:

Середні величини:

x1сер := 1.5
x2сер := 3
x3сер := 0.35

Інтервал варіювання:

x1int := 0.3
x2int := 1
x3int := 0.1

Рівняння в натуральних величинах:

$$f(x_1, x_2, x_3) := b_0 + b_0 \cdot \left(\frac{x_1 - x_{1сер}}{x_{1int}} \right) + b_1 \cdot \left(\frac{x_2 - x_{2сер}}{x_{2int}} \right) + b_2 \cdot \left(\frac{x_3 - x_{3сер}}{x_{3int}} \right) \dots$$

$$+ b_{12} \cdot \left(\frac{x_1 - x_{1сер}}{x_{1int}} \right) \cdot \left(\frac{x_2 - x_{2сер}}{x_{2int}} \right) + b_{23} \cdot \left(\frac{x_2 - x_{2сер}}{x_{2int}} \right) \cdot \left(\frac{x_3 - x_{3сер}}{x_{3int}} \right) \dots$$

$$+ b_{13} \cdot \left(\frac{x_1 - x_{1сер}}{x_{1int}} \right) \cdot \left(\frac{x_3 - x_{3сер}}{x_{3int}} \right) + b_{jj0} \cdot \left(\frac{x_1 - x_{1сер}}{x_{1int}} \right) \cdot \left(\frac{x_1 - x_{1сер}}{x_{1int}} \right) \dots$$

$$+ b_{jj1} \cdot \left(\frac{x_2 - x_{2сер}}{x_{2int}} \right) \cdot \left(\frac{x_2 - x_{2сер}}{x_{2int}} \right) + b_{jj2} \cdot \left(\frac{x_3 - x_{3сер}}{x_{3int}} \right) \cdot \left(\frac{x_3 - x_{3сер}}{x_{3int}} \right)$$

Розрахункові вирази:

Інтервали зміни індексів:

$$d \equiv 0..m-1 \quad i \equiv 0..n-1 \quad j \equiv 0..2 \quad u \equiv n-3..n-1$$

Середнє значення функції відгуку:

$$YCER_i \equiv \frac{(Y_{i,0} + Y_{i,1} + Y_{i,2})}{3}$$

Коефіцієнти регресії:

$$b_0 \equiv \frac{\sum_u YCER_u}{3} \quad b_j \equiv \frac{\sum_i [(X^{(j)})_i \cdot YCER_i]}{8}$$

$$b_{12} \equiv \frac{\sum_i [(X^{(0)})_i \cdot (X^{(1)})_i \cdot YCER_i]}{4}$$

$$b_{13} \equiv \frac{\sum_i [(X^{(0)})_i \cdot (X^{(2)})_i \cdot YCER_i]}{4}$$

$$b_{23} \equiv \frac{\sum_i [(X^{(1)})_i \cdot (X^{(2)})_i \cdot YCER_i]}{4}$$

$$b_{jj} \equiv \left[\frac{\sum_i [(X_{i,j})^2 \cdot YCER_i]}{4} \right] - \left[\frac{\sum_j \sum_i [(X_{i,j})^2 \cdot YCER_i]}{16} \right] - \frac{b_0}{2}$$

»7

Дисперсія результатів і-го досліджу:

$$Sy_{2,i} \equiv \frac{\sum_d (Y_{i,d} - YCER_i)^2}{m-1}$$

Критерій Кохрена:

$$G_{роз} \equiv \frac{\max(Sy_2)}{\sum_i Sy_{2,i}}$$

Дисперсія відтворюваності експерименту:

$$Sy_2 \equiv \frac{\sum_u (YCER_u - b_0)^2}{f_1} \quad f_1 \equiv (n_0 - 1)$$

$$YCER_i \equiv \text{if} (G_{роз} > G_{таб}, 0, YCER_i)$$

Дисперсії коефіцієнтів регресії та їх коваріації:

$$S_{b_0}^2 \equiv \frac{Sy_2}{3}$$

$$S_{b_j}^2 \equiv Sy_2 \cdot 0.125$$

$$S_{b_{jr}}^2 \equiv Sy_2 \cdot 0.25$$

$$COV_{b_0 b_j} \equiv -0.16667 \cdot Sy_2 \quad COV_{b_j b_{rr}} \equiv 0.0208 \cdot Sy_2 \quad S_{b_{jj}}^2 \equiv 0.2708 \cdot Sy_2$$

Довірчі інтервали коефіцієнтів регресії:

$$\Delta b_0 \equiv t \cdot \sqrt{S_{b_0^2}} \quad \Delta b_j \equiv t \cdot \sqrt{S_{b_j^2}} \quad \Delta b_{jr} \equiv t \cdot \sqrt{S_{b_{jr}^2}} \quad \Delta b_{jj} \equiv t \cdot \sqrt{S_{b_{jj}^2}}$$

число ступенів вільності дисперсії неадекватності:

$$b_j \equiv \text{if}(\Delta b_j > |b_j|, 0, b_j)$$

$$b_{12} \equiv \text{if}(\Delta b_{12} > |b_{12}|, 0, b_{12}) \quad b_{23} \equiv \text{if}(\Delta b_{23} > |b_{23}|, 0, b_{23}) \quad b_{13} \equiv \text{if}(\Delta b_{13} > |b_{13}|, 0, b_{13})$$

$$b_{jj_1} \equiv \text{if}(\Delta b_{jj_1} > |b_{jj_1}|, 0, b_{jj_1}) \quad b_{jj_2} \equiv \text{if}(\Delta b_{jj_2} > |b_{jj_2}|, 0, b_{jj_2}) \quad b_{jj_0} \equiv \text{if}(\Delta b_{jj_0} > |b_{jj_0}|, 0, b_{jj_0})$$

$$n_1 \equiv \sum_j \text{if}(b_j \neq 0, 0, 1) \quad n_2 \equiv \text{if}(b_{12} \neq 0, 0, 1) \quad n_3 \equiv \text{if}(b_{13} \neq 0, 0, 1) \quad n_4 \equiv \text{if}(b_{23} \neq 0, 0, 1)$$
$$f_2 \equiv 15 - (10 - n_1 - n_2 - n_3 - n_4)$$

Рівняння регресії:

$$YR_i \equiv b_0 + [b_0 \cdot [(X^{(0)})_i]] + [b_1 \cdot [(X^{(1)})_i]] + [b_2 \cdot [(X^{(2)})_i]] + [b_{j_0} \cdot [(X^{(0)})_i]^2] + [b_{j_1} \cdot [(X^{(1)})_i]^2] \dots$$
$$+ [b_{j_2} \cdot [(X^{(2)})_i]^2] + b_{12} \cdot (X^{(0)})_i \cdot (X^{(1)})_i + b_{13} \cdot (X^{(0)})_i \cdot (X^{(2)})_i + b_{23} \cdot (X^{(1)})_i \cdot (X^{(2)})_i$$

Дисперсія неадекватності:

$$S_{неад2} \equiv \frac{\sum_i (YR_i - YCER_i)^2}{f_2}$$

Критерій Фішера:

$$F_{розр} \equiv \frac{S_{неад2}}{S_y^2}$$

$$h := 2$$

$$y(dk,P) := 63.75 \cdot h - 1.7 \cdot 10^3 \cdot dk + 4 \cdot 10^3 \cdot P + 687.81 \cdot dk^2 - 4.66 \cdot 10^3 P^2 - 42.5 \cdot dk \cdot h + 708.2$$

$$dk0 := 1.2 \quad dk1 := 1.8$$

$$P20 := 0.25 \quad P21 := 0.45$$

$$stdk := 6 \quad stP := 5$$

Кінцевий вигляд рівняння в натуральних величинах:

$$f(x1,x2,x3) \text{ simplify} \rightarrow 63.75 \cdot x2 - 1.7 \times 10^3 \cdot x1 + 4 \times 10^3 \cdot x3 + 687.81 \cdot x1^2 - 4.66 \times 10^3 \cdot x3^2 - 42.5 \cdot x1 \cdot x2 + 708.2$$

$$M1 := \text{CreateMesh}(y, dk0, dk1, P20, P21, stdk, stP)$$

$$h := 3$$

$$y(dk,P) := 63.75 \cdot h - 1.7 \cdot 10^3 \cdot dk + 4 \cdot 10^3 \cdot P + 687.81 \cdot dk^2 - 4.66 \cdot 10^3 P^2 - 42.5 \cdot dk \cdot h + 708.2$$

$$dk0 := 1.2 \quad dk1 := 1.8$$

$$P20 := 0.25 \quad P21 := 0.45$$

$$stdk := 6 \quad stP := 5$$

$$M2 := \text{CreateMesh}(y, dk0, dk1, P20, P21, stdk, stP)$$

$$h := 4$$

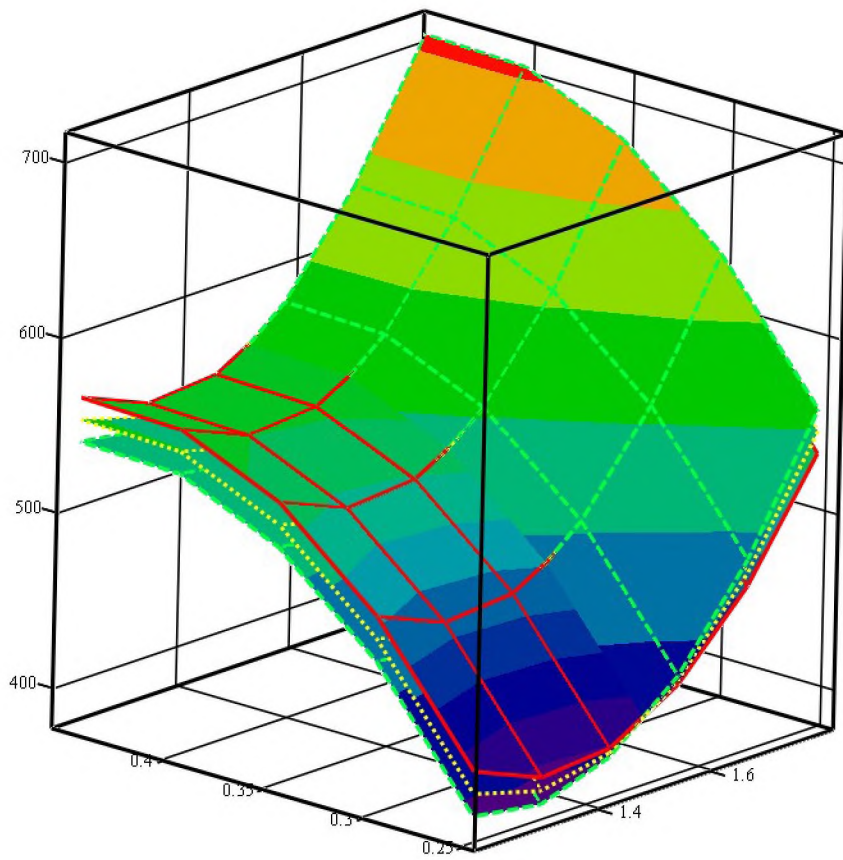
$$y(dk,P) := 63.75 \cdot h - 1.7 \cdot 10^3 \cdot dk + 4 \cdot 10^3 \cdot P + 687.81 \cdot dk^2 - 4.66 \cdot 10^3 P^2 - 42.5 \cdot dk \cdot h + 708.2$$

$$dk0 := 1.2 \quad dk1 := 1.8$$

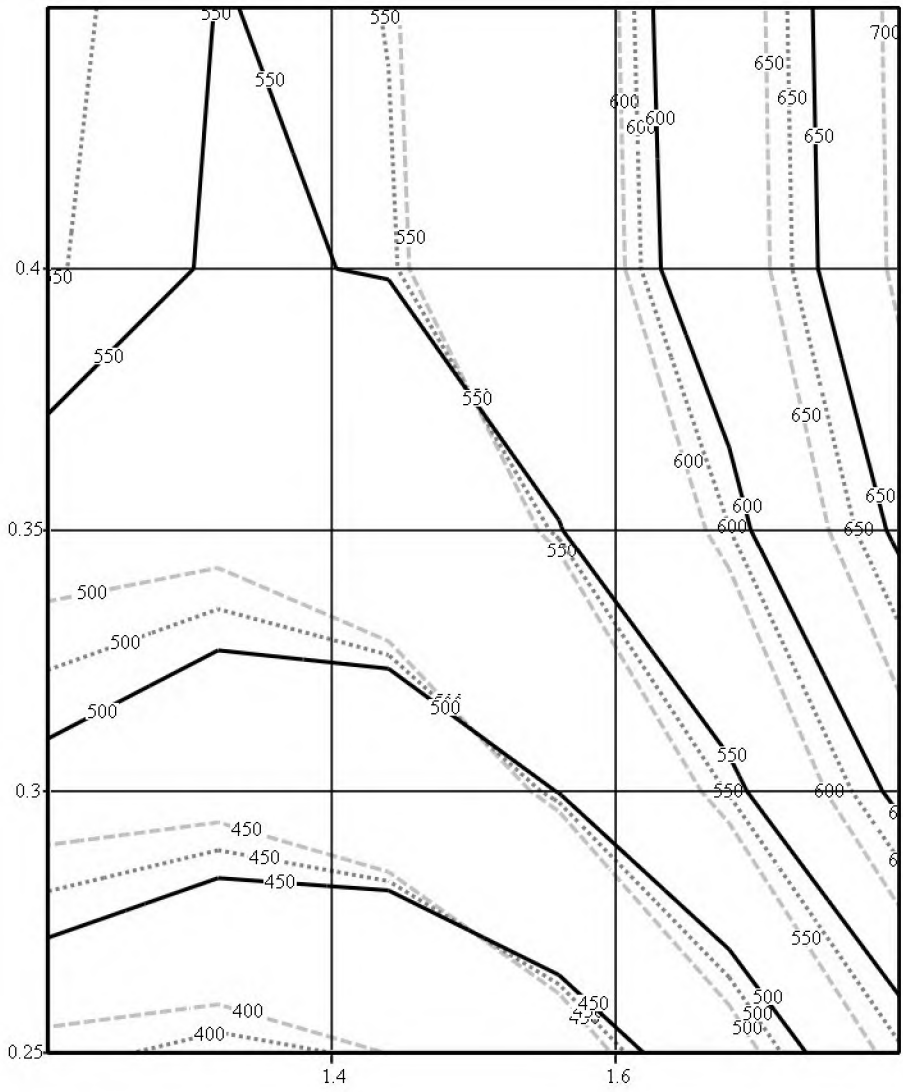
$$P20 := 0.25 \quad P21 := 0.45$$

$$stdk := 6 \quad stP := 5$$

$$M3 := \text{CreateMesh}(y, dk0, dk1, P20, P21, stdk, stP)$$



M1,M2,M3



M1, M2, M3