

УДК 631.317 + УДК 631.312 + УДК 631.34+ УДК 631.1

№ держреєстрації 0116U006022

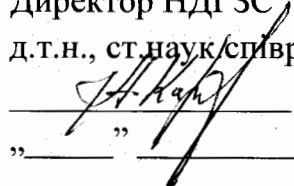
Інв. №: 2016\_50-01

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ ЗРОШУВАНОВОГО САДІВНИЦТВА**  
**ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО**  
72312, м. Мелітополь, пр.-т Б.Хмельницького, 18;  
тел. (0619) 42-21-32

ЗАТВЕРДЖУЮ

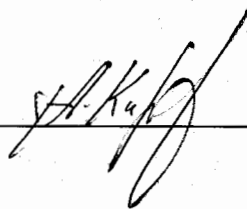
Директор НДІ ЗС

д.т.н., ст.наук/співр.

 О.Г. Караєв  
"\_\_\_" "\_\_\_" 2020 р.

**ЗВІТ**  
**ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ**  
**за 2016-2020 р. (заключний)**  
**«Розробити засоби механізації і систему безпеки для існуючих і**  
**нових технологій виробництва продукції садівництва та розсадництва плодкових**  
**культур»**

Керівник НДР \_\_\_\_\_



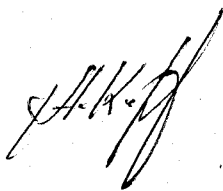
д.т.н. Караєв О.Г.

2020

Результати цієї роботи розглянуто НТР  
Протокол № 2 від 29 грудня 2020р.

## СПИСОК АВТОРІВ

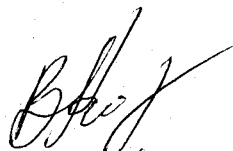
Керівник програми  
д.т.н., доцент  
зав. каф.СГМ



Карасєв О.Г.

Відповідальні виконавці:

д.т.н., проф.. ректор ТДАТУ



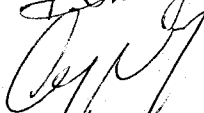
Кюрчев В.М.

д.т.н., проф.. каф. СГМ



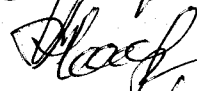
Тарасенко В.В.

к.т.н., ст. викл. кафедри СГМ



Сушко С.Л.

к.т.н.,ст..викл. кафедри СГМ



Матковський О.І.

к.т.н., доцент кафедри СГМ



Саньков С.М.

к.с-г.н., с.н.с., доцент кафедри ПВтаБ



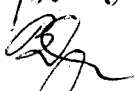
Толстолік Л.М.

к.т.н., доцент кафедри СГМ



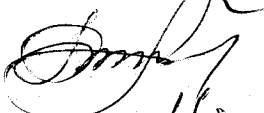
Чижиков І.О.

к.т.н., доцент кафедри СГМ



Дядя В.М.

к.т.н., доцент кафедри ТМ



Бондаренко Л.Ю.

к.т.н., доцент кафедри ОПХВ



Стручаєв Н.І.

к.т.н., доцент кафедри ТМ



Вершков О.О.

к.т.н., доцент кафедри СГМ



Мовчан С.І.

к.біол.н., ст.наук.співр.



Одинцова В.А.

аспірант



Філіпов Д.О.

## РЕФЕРАТ

Звіт про науково-дослідну роботу містить: 155 сторінок основного тексту, 25 таблиць, 68 рисунків, список використаних джерел з 116 найменувань.

Об'єкт дослідження – процеси взаємодії робочого органу глибокорозпушувача з ґрунтом, процес захисту плодкових дерев дрібнодисперсним дощуванням та фізіологічні процеси, які відбуваються у деревах під впливом систем мікрозрошення, процес перетворення зрізаних гілок в енергопродукт та процес очищення і контролю якості стічної води.

Мета роботи – визначити вплив параметрів та засобів механізації на якість процесів вирощування саджанців, обґрунтувати параметри технічних засобів для зрошення плодкових насаджень, перероблення зрізаних гілок у біодобрива та біопаливо, поліпшення загального агротехнічного стану ґрунту смугової гряди та створення умов для локалізації кореневої системи саджанця у межах контуру гряди, а також розроблення конструктивного обладнання, яке дозволяє забезпечити ефективність роботи системи водоочищення оборотного водопостачання.

Методи дослідження: теоретичні методи математичного моделювання процесів, методи математичного планування експерименту і статистичного аналізу. Перевірка гіпотез і обробка експериментальних даних виконані за стандартами та розробленими методиками.

В результаті проведених досліджень:

– визначено, що робочий орган глибокорозпушувача на глибині 0,2 м при швидкості руху 0,37 м/с забезпечує утворення контуру смугової гряди із щільністю бокової стінки контуру 1,26 г/см<sup>3</sup>, щільністю ґрунту у зоні розпушення 1,05 г/см<sup>3</sup> і значенням тягового опору 1566 Н при таких параметрах положення робочого органу: кут атаки леміша  $\alpha = 20^\circ$ ; кут нахилу стійки робочого органу у поперечно-вертикальній площині  $\beta = 15^\circ$ .

– доведено, що для обробки дерев в садах доцільно використовувати обприскувач тунельного типу, що сприяє підвищенню якості обробки і зменшенню втрати робочого розчину, при цьому внесення захисних

препаратів проводиться методом малооб'ємних обприскувань в закритій камері із щільністю покриття листя краплями становить 92,8-100%.

– доведено, що в умовах недостатнього зволоження застосування надкронового дощування є перспективним видом зрошення та сприяє збереженню врожаю на 25-30%. Розроблено робочий проект системи надкронового дощування насаджень яблуні на площі 0,6 га.

– виявлено тісний кореляційний зв'язок між інтенсивністю транспірації листків абрикоса й черешні та денною величиною індексу ксилемного потоку, який є дзеркальним відбитком транспіраційних потоків рослин ( $r = -0,81-0,86$ ) під час зрошення.

– визначено, що процес брикетування тріски зрізаних гілок плодкових дерев повинен відбуватися при температурі 80 °С, під стискаючим тиском 12 МПа, при цьому отримуємо брикети об'ємом 0,32дм<sup>3</sup> зі щільністю 0,85г/см<sup>3</sup>.

– встановлено, що теплота згорання брикетів складає 10,2 МДж/кг, а швидкість їх горіння становить  $\tau_{cp} = 0,368 \cdot 10^{-3}$  дм<sup>3</sup>/с.

– розроблено термодинамічну модель буртового способу компостування тріски плодової деревини та визначено, що для забезпечення оптимального температурного режиму роботи мікроорганізмів при компостуванні довжина бурта має бути 6,4м, а площа поверхні – 32,1м<sup>2</sup>.

– встановлено, що використання розташованих променевих перфорованих трубопроводів для стічних вод забезпечує ефективне перемішування реагентів. Встановлена оптимальна кількість променевих перфорованих трубопроводів знаходиться в межах 5...6 шт. А найбільша ефективність і стабільність роботи досягається при використанні 8 перфорованих трубопроводів.

Результати НДР сприятимуть інтенсифікації процесів вирощування саджанців плодкових культур в плодовому розсадництві.

**Ключові слова:** КІСТОЧКОВІ КУЛЬТУРИ, ГЛИБОКОРОЗПУШУВАЧ, НАДКРОНОВОГО ДОЩУВАННЯ, МІКРОЗРОШЕННЯ, ТУНЕЛЬНИЙ ОПРИСКУВАЧ, ТРАНСПІРАЦІЙНИЙ ПОТІК, БРИКЕТУВАННЯ ТРІСКИ, БУРТОВИЙ СПОСІБ КОМПОСТУВАННЯ, СТІЧНА ВОДА.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	8
<b>ПІДПРОГРАМА 1 РОЗРОБИТИ ЗАСОБИ МЕХАНІЗАЦІЇ ДЛЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ПЛОДОВИХ САДЖАНЦІВ КІСТОЧКОВИХ КУЛЬТУР НА СМУГОВИХ ГРЯДАХ В УМОВАХ ПІВДНЯ УКРАЇНИ</b> .....	10
1.1 Актуальність теми дослідження.....	10
1.2 Програма та методика досліджень .....	11
1.3 Результати досліджень .....	21
1.3.1 Обґрунтування конструктивно-технологічної схеми глибокородзпушувача для створення контуру смугової гряди.....	21
1.3.2 Визначення сил, що діють на робочий орган, нахилений у поперечно- вертикальній площині.....	23
1.3.3. Результати досліджень процесу роботи макетного зразку робочого органу глибокородзпушувача для створення смугової гряди .....	25
Висновки. ....	30
<b>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ</b> .....	32
<b>ПІДПРОГРАМА 2. РОЗРОБИТИ ЗАСОБИ МЕХАНІЗАЦІЇ ДЛЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ПЛОДОВИХ КІСТОЧКОВИХ НАСАДЖЕНЬ ІНТЕНСИВНОГО ТИПУ В УМОВАХ ПІВДНЯ УКРАЇНИ</b> .....	34
2.1 Актуальність теми дослідження.....	34
2.2 Методика проведення досліджень .....	40
2.2.1. Розробка конструктивно-технологічної схеми та системи якісних показників роботи обприскувача.....	40
2.3 Результати досліджень .....	45
2.3.1. Визначення показників якості розпилюючих пристроїв при лабораторних випробуваннях .....	45
2.3.3. Визначення показників якості виконання технологічного процесу при лабораторно-польових випробуваннях.....	48

Висновки.....	54
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	55
<b>ПІДПРОГРАМА 3. ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ І РЕЖИМІВ РОБОТИ СИСТЕМИ ЗРОШУВАННЯ НАСАДЖЕНЬ ПЛОДОВИХ КУЛЬТУР .....</b>	<b>57</b>
3.1 Актуальність теми дослідження.....	57
3.2 Методика проведення досліджень .....	59
3.3. Результати досліджень .....	63
3.3.1 Аналіз динаміки зміни архітектоніки крони дерева.....	63
3.3.2 Вибір мікродощувачів і їх розміщення в кронах дерев .....	70
3.3.3 Застосування фенокліматографічних моделей для встановлення періоду найбільшої потреби рослин у волозі.....	78
3.3.4 Вивчення функціонального стану дерев кісточкових культур та визначення його закономірностей за різних умов навколишнього середовища.....	80
3.5 Вплив різних умов вологозабезпеченості на водний обмін абрикоса й черешні .....	90
3.7 Показники поливного режиму та продуктивності дерев абрикоса й черешні .....	98
Висновки .....	106
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	107
<b>ПІДПРОГРАМА 4. СТВОРЕННЯ МЕХАНІЗОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ З ПЕРЕТВОРЕННЯ ВІДНОВЛЮВАНИХ РЕСУРСІВ ПЛОДОВИХ НАСАДЖЕНЬ В ЕНЕРГОПРОДУКТ.....</b>	<b>111</b>
4.1 Актуальність теми дослідження.....	111
4.2 Методика проведення та програма досліджень .....	113
4.2.1 Програма експериментальних досліджень.....	113
4.2.2 Характеристика об'єкту досліджень та умови проведення дослідів.....	113
4.2.3 Методика визначення розмірно-масових показників подрібнених гілок плодових дерев .....	115

4.2.4	Методика визначення розмірно-масових характеристики зрізаних гілок плодкових дерев .....	116
4.2.5	Методика визначення окремих фізико-механічних властивостей суміші, що компостується.....	117
4.3.	Результати досліджень .....	118
4.3.1	Вивчення розмірно-масових показників тріски зрізаних гілок плодкових дерев .....	118
4.3.2	Розмірно – масові характеристики зрізаних гілок плодкових дерев.....	122
4.3.3	Вивчення теплових властивостей брикетів.....	128
4.3.4	Розробка термодинамічної моделі отримання добрив з тріски зрізаних гілок плодкових дерев .....	131
4.3.5	Дослідження фізико-механічних властивостей біодобрива.....	140
	Висновки .....	142
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....	144
<b>ПІДПРОГРАМА 5. РОЗРОБИТИ ТЕХНОЛОГІЮ І ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ВОДНИХ РЕСУРСІВ.....</b>		<b>148</b>
5.1	Актуальність теми дослідження .....	148
5.2	Мета та завдання досліджень.....	149
5.3.	Результати досліджень .....	150
	Висновки.....	160
	ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ.....	160

## ВСТУП

Україна має значні переваги перед європейськими державами за природно-економічним потенціалом для влаштування промислового садівництва. Це передусім підтверджується тим, що тут за умов найповнішого використання такого чинника високої економічної ефективності садівництва, як поглиблення зональної спеціалізації, можна успішно вирощувати всі без винятку плодові і ягідні культури помірного клімату. На жаль, ця перевага ефективного ведення промислового садівництва використовується поки що незадовільно.

Інноваційний характер відтворювальних процесів сучасної економічної системи зумовлює перехід усіх складових національного господарського комплексу на новий тип розвитку, що, у свою чергу, потребує вдосконалення механізму економічних взаємовідносин між суб'єктами господарювання. При цьому для ефективного розвитку галузі садівництва повсякчас необхідно враховувати закономірності росту, розвитку, розмноження, плодоношення плодових і ягідних культур, їх взаємозв'язок із зовнішнім середовищем, що є основою формування інноваційної сфери галузі.

Важливою передумовою ефективного функціонування галузі садівництва є здатність плодоягідних насаджень продукувати необхідну кількість садівницької продукції високої якості, адже обсяги виробництва плодів і ягід визначаються, передусім, динамікою кількісного та якісного складу плодоносних насаджень. Здійснення відтворювальних процесів на основі застосування інноваційних технологій є беззаперечною умовою успішного розвитку садівництва в умовах глобалізованого середовища функціонування.

Потреба галузі у впровадженні інновацій значно зростає і в зв'язку із членством України у СОТ. Посилення конкуренції за ринки збуту зумовлює одночасне підвищення якості продукції та зниження її собівартості, що можливе за умови ефективної інноваційної діяльності.



Шляхом постачання плодової продукції на зовнішній ринок є процедура сертифікації всіх процесів виробництва за стандартом GLOBALG.A.P., яким визначено, що методи отримання високоякісної продукції садівництва мають гарантувати відсутність ризиків для навколишнього середовища.

Тому розробка засобів механізації і системи безпеки для існуючих і нових технологій виробництва продукції садівництва та розсадництва плодкових культур, що забезпечать дотримання нормативних вимог до якості процесу, стає актуальною задачею.

# ПІДПРОГРАМА 1 РОЗРОБИТИ ЗАСОБИ МЕХАНІЗАЦІЇ ДЛЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ПЛОДОВИХ САДЖАНЦІВ КІСТОЧКОВИХ КУЛЬТУР НА СМУГОВИХ ГРЯДАХ В УМОВАХ ПІВДНЯ УКРАЇНИ

Керівник – к.т.н., доцент, каф. СГМ **Чижиков І.О.**,

Виконавці – к.т.н., доцент, каф. СГМ Матковський О.І.,

д.т.н., ст.наук.співр. каф. СГМ Караєв О.Г.,

к.т.н., ст.наук.співр. каф. ПВтаБ Толстолік Л.М.

## 1.1 Актуальність теми дослідження

Україна є найбільшим регіоном промислового садівництва Європи і основний напрям його сучасного розвитку – це вирощування екологічно чистої продукції. Все це може бути здійсненим при достатньому забезпеченні галузі відповідним садивним матеріалом, якість якого повинна відповідати певним вимогам, від яких залежить ріст, вступ у плодоношення, урожайність, якість врожаю тощо [1].

У класичних технологіях вирощування саджанців плодкових культур основним обробітком ґрунту при закланні чергового поля розсадника вважається плантажна оранка на глибину від 40 до 60 см. В той же час, доведено, що глибокий полицевий обробіток ґрунту, поряд з позитивними моментами, має ряд суттєвих негативних наслідків, основними з яких є зниження кількості органічної речовини в ґрунті, посилення ерозійних процесів та зниження вмісту гумусу.

Створити оптимальні ґрунтові умови при вирощування саджанців плодкових культур можливо за рахунок зміни фізико-механічних властивостей ґрунту. За результатами трирічних досліджень [2] за щільністю і твердістю ґрунту у черговому полі розсадника залежно від глибини обробітку ґрунту на стадіях вирощування від «висаджування підщеп» до «викопування саджанців» прослідковується чітка тенденція до того, що ґрунт у нижніх шарах має меншу щільність і твердість у варіанті з більш глибоким обробітком ґрунту. При

цьому, збільшення щільності ґрунту приводить до зниження процесів росту та розвитку кореневої системи.

Сучасні ринкові вимоги до якості плодової продукції обумовлюють потребу в закладанні плодкових насаджень саджанцями, з показниками якості, що відповідають вимогам ДСТУ 4938 [3]. Так, відповідно до технічних вимог стандарту визначено, що саджанці першого товарного сорту повинні бути без механічних і інших пошкоджень, які заважають нормальній їх приживлюваності після садіння, а коренева система саджанця повинна мати не менш 5 основних коренів із довжиною кожного не менш 25 см.

Основним механічним пошкодженням кореневої системи саджанця при викопуванні є пошкодження коренів скобою викопувального плуга через занадто розгалужену кореневу систему, ширина якої, для деяких кісточкових культур досягає 80-90 см, при ширині захвату скоби плуга в 60 см. Крім того, пошкоджений корінь через є осередком потрапляння патогенних організмів через розірвані провідні судини кори.

Зважаючи на означені проблеми є необхідність у пошуку та апробації нових технологій та засобів механізації для вирощування садивного матеріалу [4].

**Метою досліджень** є поліпшення загального агротехнічного стану ґрунту смугової гряди та створення умов для локалізації кореневої системи саджанця у межах контуру гряди шляхом обґрунтування параметрів робочого органу глибокорозпушувача.

## **1.2 Програма та методика досліджень**

Програмою та завданням експериментальних досліджень передбачалося дослідження процесу роботи макетного зразку робочого органу глибокорозпушувача у ґрунтовому каналі.

Мета дослідження – визначення впливу конструктивних параметрів робочого органу на загальну енергоємність процесу та ступінь розпушення та ущільнення ґрунту в межах контуру смугової гряди.

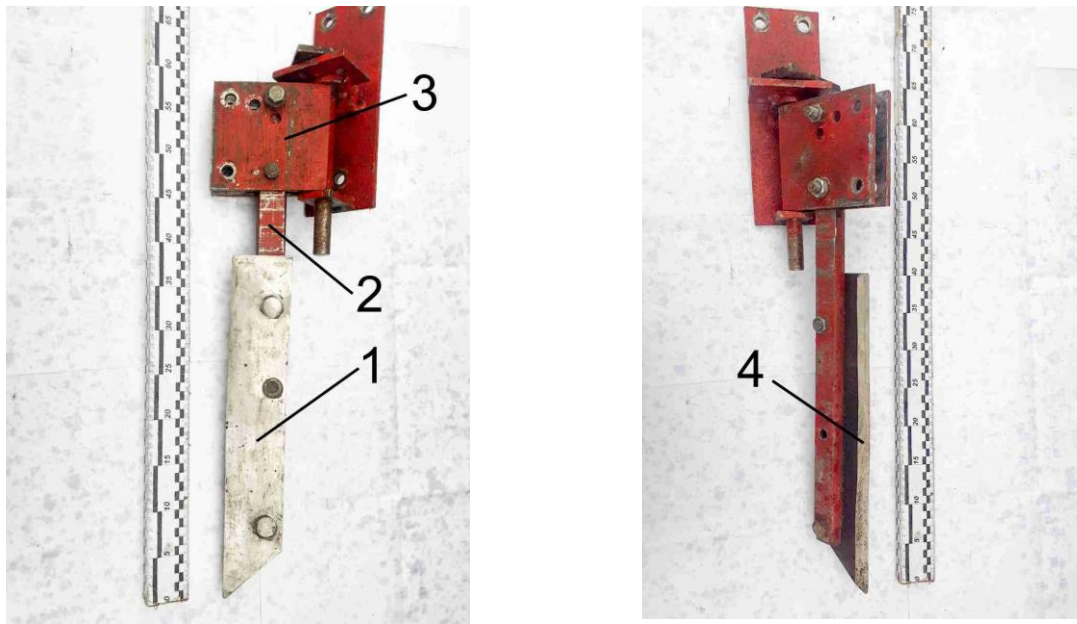
Дослід проводився у ґрунтовому каналі на кафедрі сільськогосподарських машин ТДАТУ (рис.1.1). Особливістю ґрунтового каналу є те, що він розташований на відкритому просторі і ґрунт в ньому знаходиться у природному складеному стані із непорушеною активністю біотичних процесів. Загальна довжина каналу становить 25 м, ширина – 2,6 м. Було виготовлено робочий орган глибокорозпушувача (рис.1.2), який складається із леміша та стійки, які кріпляться на поворотному пристрої (пристрій для зміни положення леміша у просторі). Поверхня леміша утворена рівною площиною. Кут загострення леза 4 становить  $30^\circ$ . Товщина леміша 8 мм.



Рисунок 1.1 – Ґрунтовий канал ТДАТУ для дослідження робочих процесів ґрунтообробних машин.

За допомогою регульовального пристрою у процесі проведення дослідів змінювались такі параметри розташування робочого органу в просторі. Назвемо їх факторами, що найбільш впливають на процес, а саме:

- кут  $\alpha$  між робочою площиною леміша та напрямком руху робочого органу (кут атаки);
- кут  $\beta$  відхилення стійки із робочим органом у поперечно-вертикальній площині.



1 – леміш; 2 - стійка; 3 – пристрій регулювальний; 4 – лезо.

Рисунок 1.2 – Загальний вид макетного зразка робочого органу глибокорозпушувача.

У таблиці 1.1 наведені межі варіювання параметрів робочого органу, що змінювалися під час проведення дослідів у ґрунтовому каналі.

Таблиця 1.1

Межі варіювання змін параметрів робочого органу.

Позначення параметру	Одиниця вимірювання	Нижнє граничне значення	Верхнє граничне значення	Крок
Кут $\alpha$	град.	10	30	10
Кут $\beta$	град.	15	30	15

Дослідження проводилися при глибині ходу робочого органу  $h = 0,2$  м незалежно від змін параметрів робочого органу. Наприклад, при збільшенні кута нахилу стійки  $\beta$  з  $15^\circ$  до  $30^\circ$  для забезпечення заданої глибини ходу робочого органу рамка візка опускалася нижче.

Швидкість руху візка складала  $0,37$  м/с ( $1,3$  км/год).

За критерії оцінювання процесу прийнято наступні:

- середнє значення тягового опору,  $H$ ;
- щільність ґрунту в межах контуру смугової гряди,  $\text{г/см}^3$ ;
- ширина зони розпушення ґрунту, що піднімався на денну поверхню.

Щодо щільності ґрунту в межах контуру смугової гряди, слід пояснити наступне. Розглянемо поперечний переріз ґрунту (смугової гряди) після проходу досліджуваного робочого органу (рис.1.3), який є розпушувачем із поставленим під кутом атаки  $\alpha$  лемішем та стійкою, нахиленою під кутом  $\beta$  у поперечно-вертикальній площині, яка фактично окреслюватиме форму граничного контуру смугової гряди.

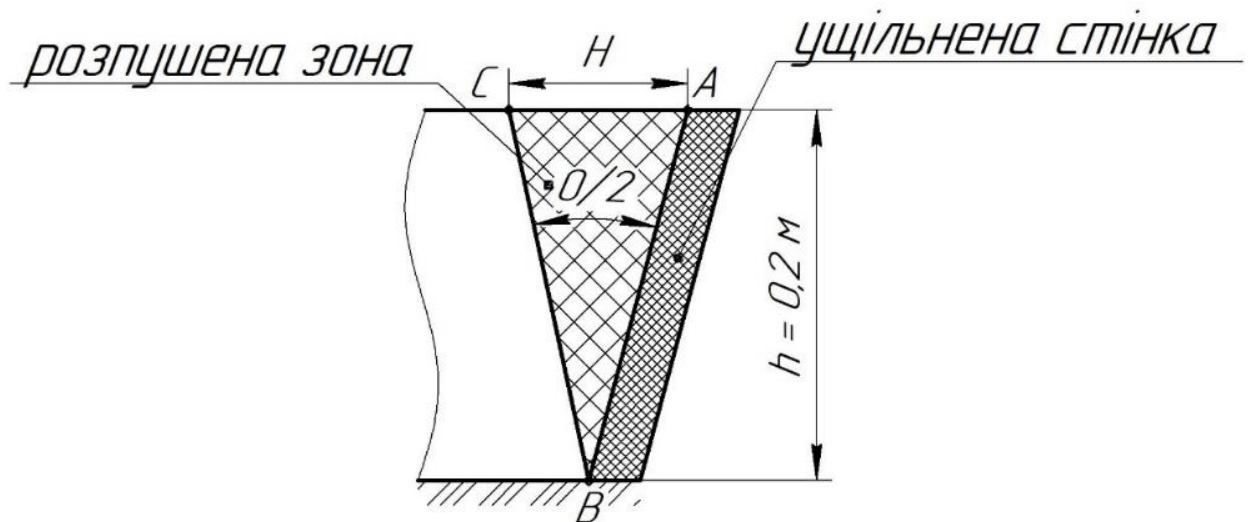


Рисунок 1.3 – До визначення щільності ґрунту у контурі смугової гряди.

Стінка контуру на відрізьку  $AB$ , що знаходиться справа по ходу руху буде ущільнюватися. Назвемо її «ущільнена стінка», а щільність цього шару позначимо  $\rho_y$ . В той же час, із лівої сторони по ходу руху розпушувача утворюватиметься розпушений шар ґрунту певного об'єму, гранична межа якого обмежуватиметься відрізьком  $BC$ , розташованим під кутом  $\theta/2$  зовнішнього тертя ґрунту. Об'єм ґрунту, що знаходиться у межах

трикутника  $ABC$  вважатимемо «розпушеною зоною», а щільність ґрунту у цій зоні позначимо  $\rho_p$ .

Так як метою роботи, окрім забезпечення ущільнення стінки контуру смугової гряди глибокорозпушувачем є поліпшення загального агротехнічного стану в межах внутрішньої частини гряди, визначатимемо як ступінь ущільнення  $\rho_y$ , так і ступінь розпушення ґрунту  $\rho_p$  після проходу робочого органу глибокорозпушувача.

Для визначення граничної зони розпушення ґрунту, що піднімався на поверхню ґрунту на відріжку  $AC$  шириною  $H$  проводилася відеозйомка процесу з наступним покадровим аналізом процесу.

Щільність ґрунту вимірювалася згідно ГОСТ 20915-75 [5].

При проведенні досліджень визнався стан ґрунту за показниками вологості та твердості. Вологість ґрунту визначалася термостатно-ваговим способом [6,7], твердість ґрунту за методиками [5] твердоміром Ревякіна №224.

Результати заносилися до журналу.

Помилка у визначенні середнього значення вимірюваної величини при проведенні досліджень оцінювалася за формулою [8]:

$$\Delta_{0.95} = t_{0.95} \frac{\sigma_{x_i}}{\sqrt{n}}, \quad (1.13)$$

де  $t_{0.95}$  – квантіль розподілу Стюдента;

$n$  – кількість незалежних дослідів;

$\sigma_{x_i}$  – середнє квадратичне відхилення вимірюваної величини.

Перелік приладів та обладнання, що використовували при проведенні експериментальних досліджень наведено в таблиці 1.2.

*Методика проведення тарування тензоланки.* Для визначення тягового опору в якості тензорезисторів, як елементів, що перетворюють неелектричну величину в електричну обрано дротяні тензорезистори на паперовій основі з опором провідника 200 Ом. Тензорезистори приклеюються відповідним клеєм

на поверхні вимірюваної ділянки. Деформація цієї ділянки безпосередньо змінює опір металевого провідника тензорезистора.

Таблиця 1.2

Перелік приладів та обладнання, що використовували при проведенні експериментальних досліджень

Найменування приладу	Марка, тип
Лінійка лабораторна	ГОСТ 17435-72
Ваги електронні	AXIS ADGS100
Тахометр годинниковий	ТЧ 10-Р ГОСТ 13082-71
Фотоапарат цифровий	Canon Power Shot A560
Бюкси	ГОСТ 7148-70
Шафа сушильна	СШ-3, ТУ 79 РСФСР 335-72
Рулетка	РС-5, ГОСТ 5072-77
Секундомір дистанційний	С-1-2а, ГОСТ 8.423-81
Твердомір Ревякіна	№224

При цьому метал, на який наклеюється резистор повинен витримувати деформації в межах прямої пропорційності, відповідно до закону Гука [9-10].

Для практичного застосування тензодатчиків без їх можливого руйнування в процесі експлуатації при визначенні тягового опору робочого органу було прийнято рішення застосувати тензоланку. Тензоланки мають певну конструктивну форму, у якій при навантаженні виявляються деформації, що дозволяють за допомогою тензомостів знімати показання високої чутливості з найменшими відхиленнями.

Для досліджень застосовано подовжену кільцеву октагональну тензоланку. Вона має високі властивості, і в той же час низький взаємовплив тензодатчиків, наклеєних на неї і з'єднаних за мостовою схемою. Тензоланка має визначені пропорційні розміри, дозволяє здійснювати необхідні заміри



силових параметрів робочого органу площинним способом, визначивши окремо складові вертикальної ( $F_y$ ) і горизонтальної ( $F_x$ ) діючих сил, а також моменту цих сил в горизонтальній площині щодо точки кріплення ( $M_x$ ). Для цього на тензоланці наклеєно 12 тензорезисторів, які утворюють 3 тензодатчики (тензомости), відповідно до рисунку 1.4.

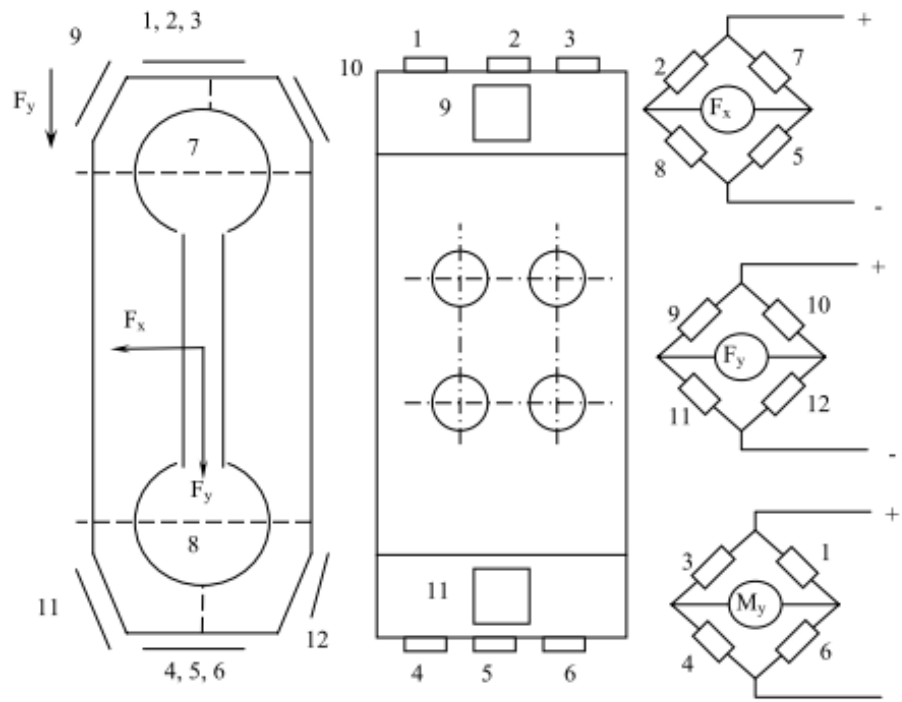


Рисунок 1.4 – Подовжена кільцева октагональна тензоланка.

Для перевірки працездатності тензодатчиків та сприйняття ними навантаження у різних діапазонах його значень, а також встановленні залежності між механічним навантаженням і вихідними значеннями електричного сигналу на реєструючому приладі, який у випадку застосування аналого-цифрового перетворювача (АЦП), перетворює його на дискретний сигнал (цифровий код).

З метою забезпечення можливості здійснити градування у двох площинах розроблено і виготовлено стенд для тарування кільцевих октагональних тензоланок. Стенд забезпечує можливість тарування кільцевої октагональної тензоланки разом із досліджувальним робочим органом у двох площинах (повздовжньо-вертикальній та повздовжньо-горизонтальній) на одному стенді без застосування додаткових монтажних пристосувань.

На рисунку 1.5 зображено схему тарування тензоланки у вертикальній площині та у горизонтальній площині.

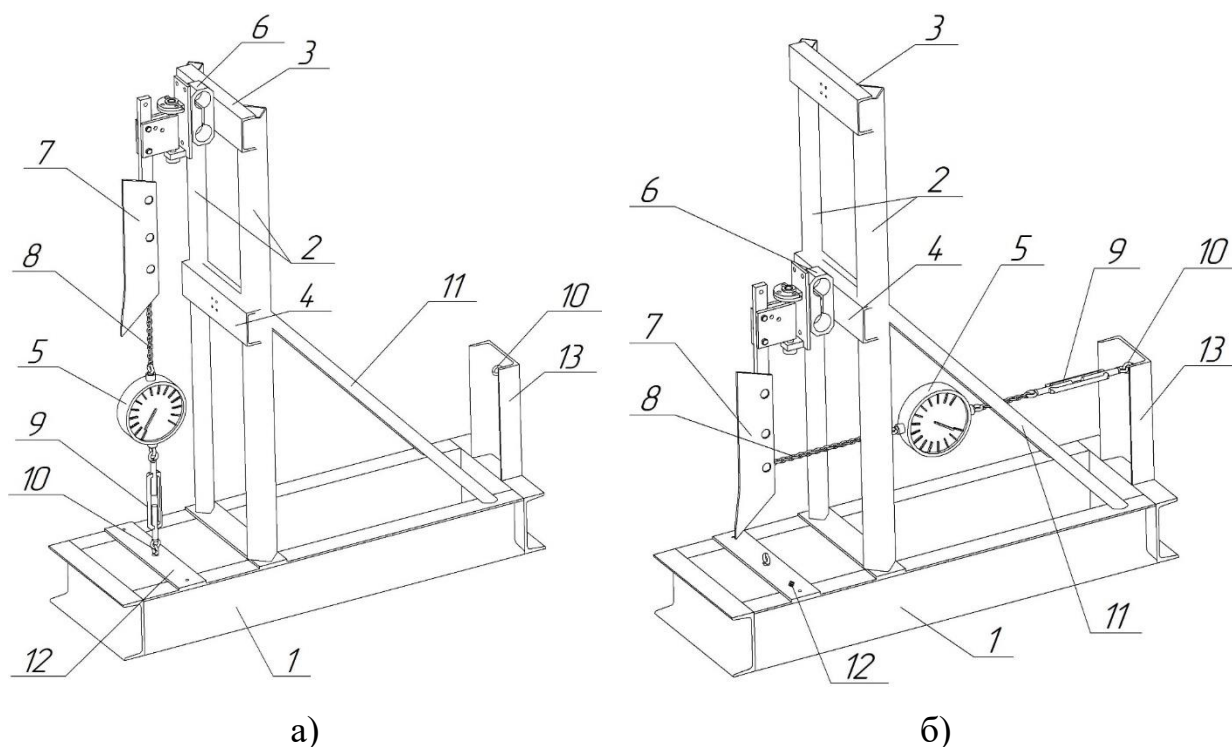


Рисунок 1.5 – Стенд для тарування тензоланок: а) тарування тензоланки у вертикальній площині; б) тарування тензоланки у горизонтальній площині.

Стенд для тарування включає станину 1, на якій перпендикулярно площини станини встановлені дві стійки 2, з'єднані між собою верхньою перекладиною 3 та нижньою перекладиною 4, на яких, залежно від площини для якої здійснюється тарування, кріпиться кільцева октагональна тензоланка 6, яка жорстко з'єднана із робочим органом 7. Вказаний робочий орган з'єднаний із планкою 12 або 13 (залежно від площини тарування) фіксатором 10 через гвинтову стяжку 9 та вантажопідйомний ланцюг 8. Зусилля розтягування створюється шляхом прокручування гвинтової стяжки 9, а його кількісне значення в одиницях вимірювання навантаження відображається на динамометрі 5. Еквівалентні механічному навантаженню електричні сигнали від кільцевої октагональної тензоланки 6 через проводи передаються на АЦП (на рисунку не показані), який перетворює їх у цифрові коди, що

відображаються на екрані АЦП. Для забезпечення достатньої жорсткості конструкції, стійки 2 з'єднані із станиною 1 розкосами 11.

Процес тарування кільцевої октагональної тензоланки на стенді відбувається у такий спосіб (рис. 1.6): при таруванні тензоланки у вертикальній площині із отриманням значень еквівалентних силі  $F_y$ , робочий орган 7 приєднується болтовим з'єднанням із тензоланкою 6 і утворений вузол кріпиться болтовими з'єднаннями до верхньої перекладки 3. До робочого органу зачіплюються послідовно з'єднані вантажопідйомний ланцюг 8, динамометр 5 та гвинтова стяжка 9, яка кріпиться до фіксатора 10, який розміщено на планці 12.

При таруванні тензоланки у горизонтальній площині із отриманням значень еквівалентних силі  $F_x$ , робочий орган 7 приєднується болтовим з'єднанням із тензоланкою 6 і утворений вузол кріпиться болтовими з'єднаннями до нижньої перекладки 4. До робочого органу зачіплюються послідовно з'єднані вантажопідйомний ланцюг 8, динамометр 5 та гвинтова стяжка 9, яка кріпиться до фіксатора 10, який розміщено на планці 13.

Для створення зусилля розтягування, незалежно від площини тарування необхідно прокручувати гвинтову стяжку 9 відповідно до запланованих методикою тарування ступеневих навантажень з отриманням їх кількісних значень на динамометрі 5.

За результатами розробки стенду подано заявку на отримання патенту України на корисну модель.

При проведенні тензометрування реєструючими приладами були аналого-цифровий перетворювач АЦП.ТЕНЗО-002.001.00 (рис.1.7), який передавав сигнали на спеціальне програмне забезпечення «[adctensopcsuite.exe](#)» для обробки та запису даних на комп'ютері. Обробка результатів проводилась за допомогою програмного забезпечення GNU Octave.



Рисунок 1.6 – Процес тарування тензоланки.



Рисунок 1.7 – Аналого-цифровий перетворювач.

## 1.3 Результати досліджень

### 1.3.1 Обґрунтування конструктивно-технологічної схеми глибокорозпушувача для створення контуру смугової гряди.

Проведеним порівняльним аналізом конструкцій робочих органів для смугового обробітку ґрунту визначено, що найбільш придатними для забезпечення якісного смугового обробітку є розпушувачі із викритим контуром із нахиленими стійками. При утворенні контуру смугової гряди у технології вирощування саджанців плодкових культур, окрім розпушення ґрунту у внутрішньому просторі необхідно забезпечити ущільнення нахиленої стінки контуру з метою створення умов для локалізації кореневої системи саджанця.

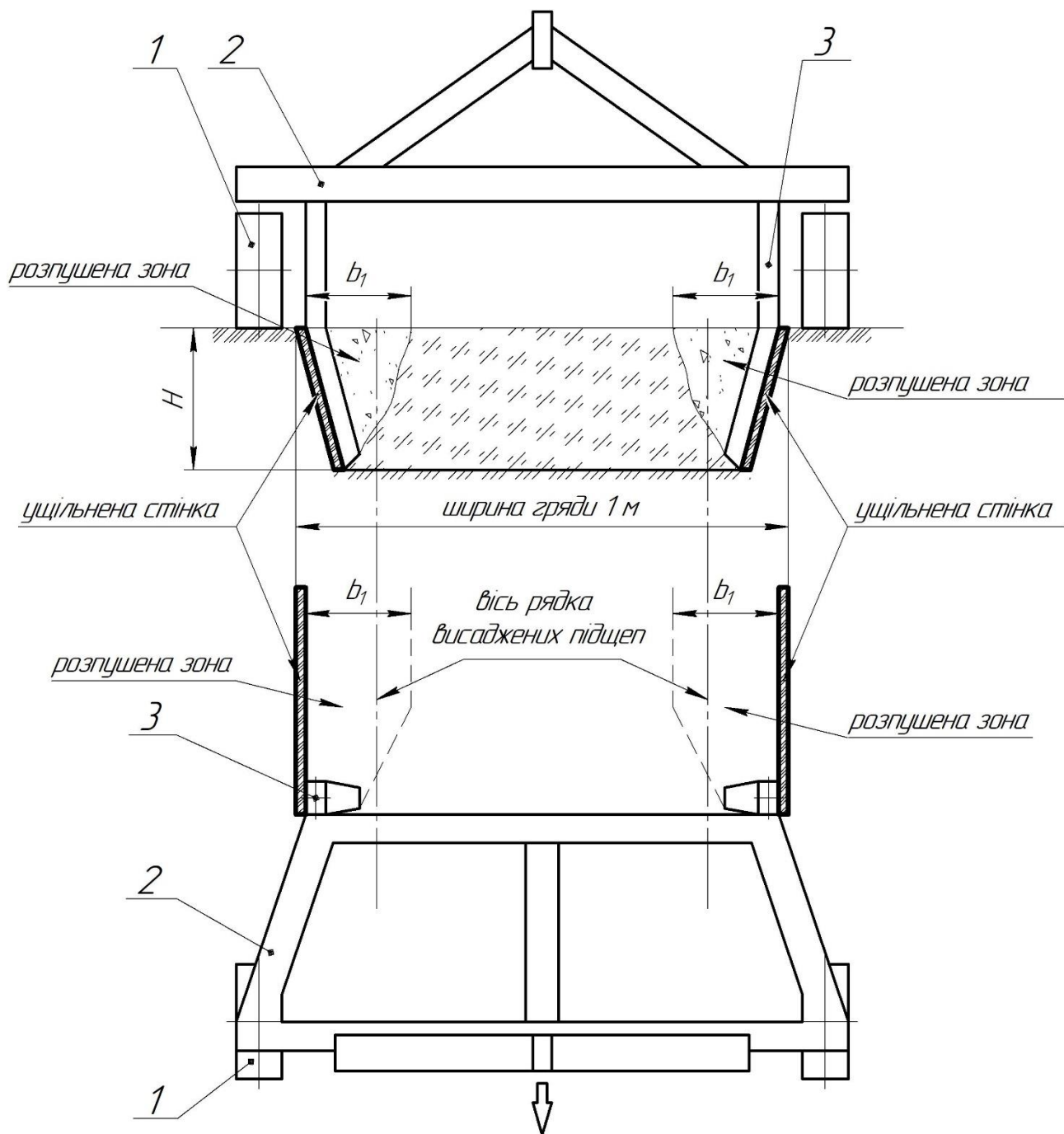
На основі проведеного аналізу літературних джерел [11-15] можна виділити основні параметри безполицевого робочого органу, адаптував їх до процесу заданої технології. Так, до основних параметрів робочого органу, що впливатимуть на процес слід віднести:

- кут нахилу стійки у поперечно-вертикальній площині;
- кут нахилу стійки у повздовжньо-вертикальній площині,
- кут відхилення лемішу стійки відносно напрямку руху (кут атаки),
- глибину ходу робочого органу,
- швидкість руху.

На основі викладено, запропоновано конструктивно-технологічну схему глибокорозпушувача для створення контуру смугової гряди у технології вирощування саджанців плодкових культур на смугових грядках яку наведено на рисунку 1.8.

Глибокорозпушувач є начіпним знаряддям, що складається з рами 2, на якій встановлені два безполицевих робочих органу 3 із нахиленими стійками, які сумісно утворюють робочий орган об'ємного розпушення із відкритим контуром шириною 1 м. При цьому параметри робочого органу повинні забезпечувати не тільки розпушення ґрунту в зоні розміщення кореневої

системи саджанця, а і створювати умови для локалізації кореневої системи саджанця за рахунок ущільнення нахиленої стійки контуру.



1 – колесо опорне; 2 – рама; 3 – робочий орган;  $H$  – глибина смугової гряди;  $b_1$  – ширина зони розпушення.

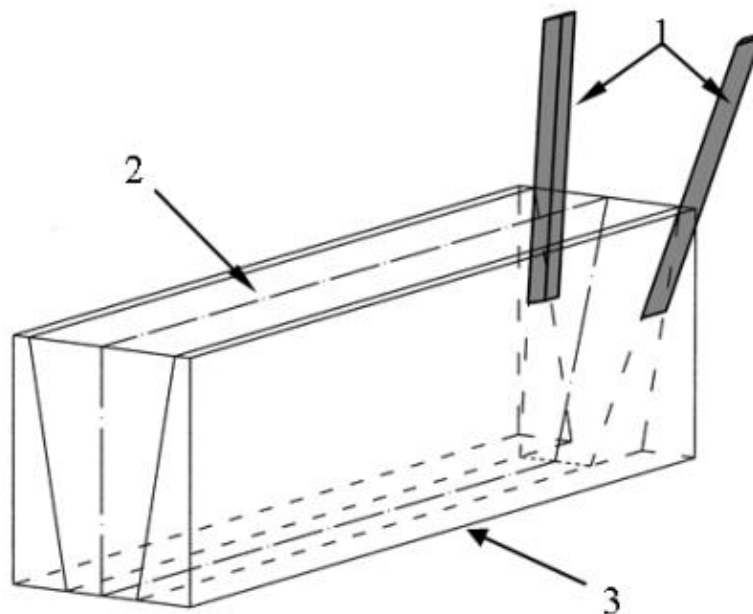
Рисунок 1.8 – Конструктивно-технологічна схема глибокорозпушувача для створення контуру смугової гряди.

Ущільнена стінка перешкоджатиме розгалуженні кореневої системи за межі контуру, обмеженого нахиленої стінкою з тим, щоб зменшити травмування кореневої системи під час викопування саджанців. Глибина ходу робочих органів регулюється шляхом зміни положення рами відносно опорних коліс 2.

### 1.3.2 Визначення сил, що діють на робочий орган, нахилений у поперечно-вертикальній площині

Усі процеси, пов'язані з обробіткою ґрунту є складними та неоднозначними. Процес об'ємного розпушення не є виключенням.

Якщо прийняти стан ґрунту суцільним середовищем [16], об'ємне розпушення ґрунту можна представити у вигляді процесу переміщення у ґрунтовому масиві двох нахилених стійок (рис.1.9).



1 – стійки, нахилені у повздовжньо-вертикальній площині; 2 – пласт ґрунту, що сколюється; 3 – необроблена зона.

Рисунок 1.9 – Схематичне представлення робочого органу для утворення контуру смугової гряди.

Оскільки процес об'ємного розпушення нахиленими стійками є симетричним, в розрахунковій схемі визначення сил (рис.1.10), розглядатиметься тільки його половину із відповідними граничними умовами.

На робочу поверхню стійки зі сторони пласта ґрунту діє сукупність просторово направлених зосереджених сил. Виберемо систему координат в точці  $O$ . До довільної точки  $i(x_i, y_i, z_i)$ , що належить робочій площині прикладено навантаження  $R_i$ , яке можна розкласти на три складові  $R_{xi}, R_{yi}, R_{zi}$ . Визначивши усю сукупність цих сил, просумував її для кожної з трьох проєкцій, отримаємо складові головного вектор сил:

$$R_x = \sum_{i=1}^N R_{xi}; \quad R_y = \sum_{i=1}^N R_{yi}; \quad R_z = \sum_{i=1}^N R_{zi}; \quad (1.11)$$

- де  $N$  – кількість точок, на які розбита робоча поверхня;
- $R_x$  – складова сили, що визначає ступінь обтиснення шару ґрунту у поперечному напрямку;
- $R_y$  – складова сили, що визначає стійкість ходу робочого органу;
- $R_z$  – складова сили, що характеризує тяговий опір робочого органу.

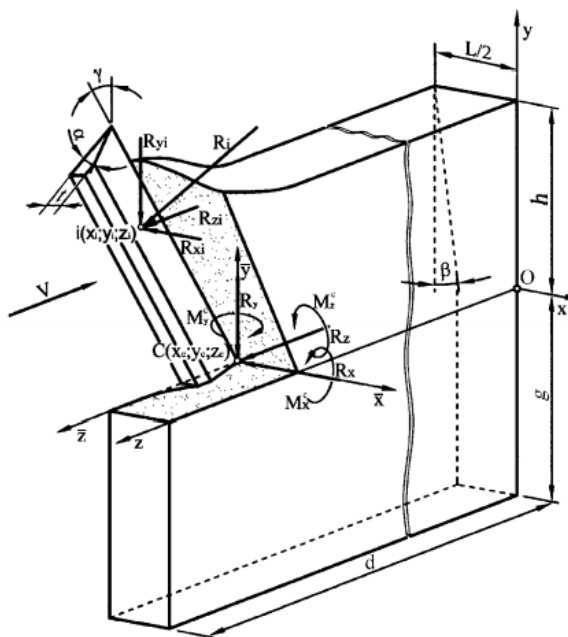


Рисунок 1.10 – Схема сил, що діє на стійку робочого органу для утворення контуру смугової гряди.



Побудовані проєкції головного вектору прикладені до різних точок, при цьому положення цих точок залежить від характеру розподілення навантаження по площині, а відповідно і геометричних параметрів робочого органу. Для зручності представлення зведемо ці сили в одну точку, при цьому додамо моменти сил до кожної з них. В якості точки прикладення оберемо носок лемешу (т. С). Для того, щоб виконувалася означена вимога, створимо нову систему координат в точці С. Моменти сил можна визначити за формулами

$$\begin{aligned}
 M_x^C &= \sum \left( R_{zi} \cdot \bar{y}_i - R_{yi} \cdot \bar{z}_i \right); \\
 M_y^C &= \sum \left( R_{xi} \cdot \bar{z}_i - R_{zi} \cdot \bar{x}_i \right); \\
 M_z^C &= \sum \left( R_{yi} \cdot \bar{x}_i - R_{xi} \cdot \bar{y}_i \right)
 \end{aligned}
 \tag{1.12}$$

де  $\bar{x}_i, \bar{y}_i, \bar{z}_i$  — координати і-ї точки в системі координат  $\overline{C x, y, z}$ .

### 1.3.3. Результати досліджень процесу роботи макетного зразку робочого органу глибокорозпушувача для створення смугової гряди

Досліди проводилися у другій половині листопада 2020 року.

Інформація про фізичний стан ґрунту в ґрунтовому каналі в горизонтах приведений у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3

Фізичний стан ґрунту.

Показники	Шари ґрунту, см	
	0-10	10-20
Вологість ґрунту – W, %	18,4	18,9
Твердість ґрунту, МПа	0,63	0,75

В результаті обробки даних тягового опору робочого органу залежно від змін його параметрів у програмному середовищі GNU Octave побудовано графіки. Один з варіантів наведено на рисунку 1.11.

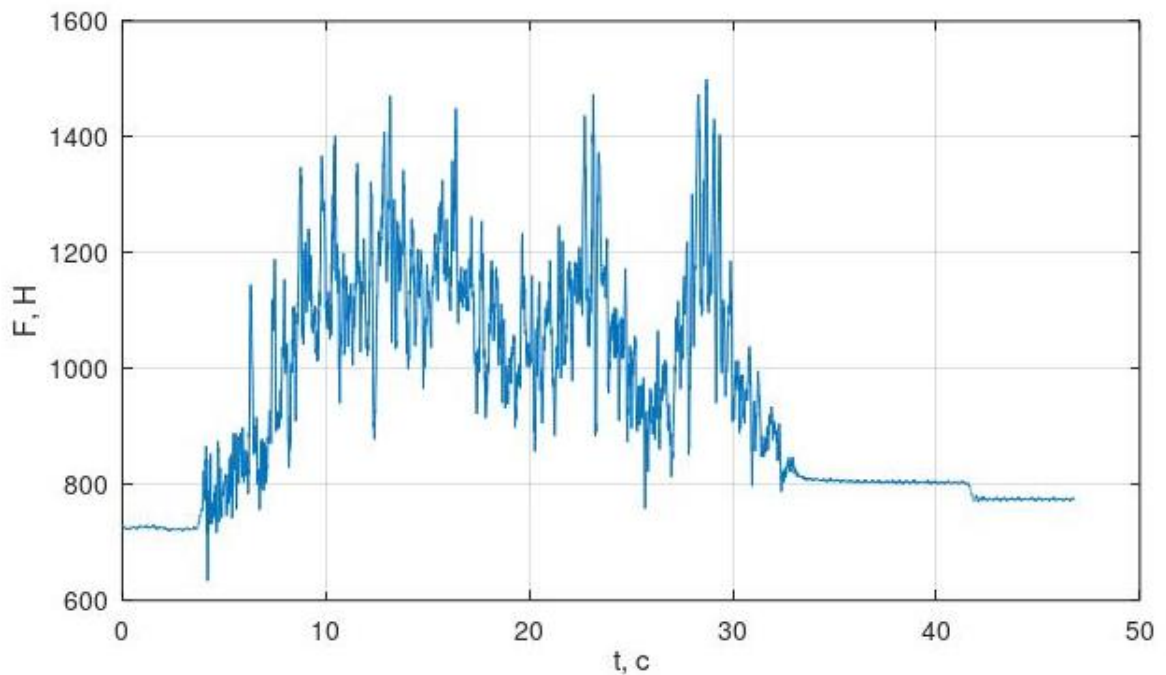


Рисунок 1.11 – Тяговий опір робочого органу при  $\alpha=30^\circ$ ;  $\beta=15^\circ$ .

При цьому, співвідношення горизонтальної складової сил опору  $F_x$  до вертикальної складової  $F_y$  майже в усіх варіантах знаходиться в межах 75/25, що є природнім.

У таблицях 1.4- 1.5 наведені значення отриманих оціночних критеріїв. На основі даних таблиць побудовано відповідні залежності, графіки яких представлено на рисунках 1.12-1.14.

Таблиця 1.4

Середнє значення тягового опору, Н.

Значення кута $\alpha$ , град	Значення кута $\beta$ , град	
	15	30
10	625	691
20	783	900
30	955	1289

Таблиця 1.5

Щільність ґрунту у межах контуру смугової гряди, г/см<sup>3</sup>.

Значення кута $\alpha$ , град	Ущільнена стінка, $\rho_y$		Розпушена зона, $\rho_p$	
	$\beta=15^\circ$	$\beta=30^\circ$	$\beta=15^\circ$	$\beta=30^\circ$
10	1,15	1,17	0,91	0,92
20	1,26	1,2	1,05	1,07
30	1,28	1,23	1,11	1,12

Ширина зони розпушення ґрунту  $H$  визначалася шляхом покадрового перегляду відеозйомки процесу переміщення робочого органу із застосуванням масштабних коефіцієнтів у програмі Image J (рис.1.15). Результати представлено у таблиці 1.6

Таблиця 1.6

Ширина зони розпушення ґрунту  $H$ , мм.

Значення кута $\alpha$ , град	Значення кута $\beta$ , град	
	15	30
10	190	215
20	220	260
30	250	290

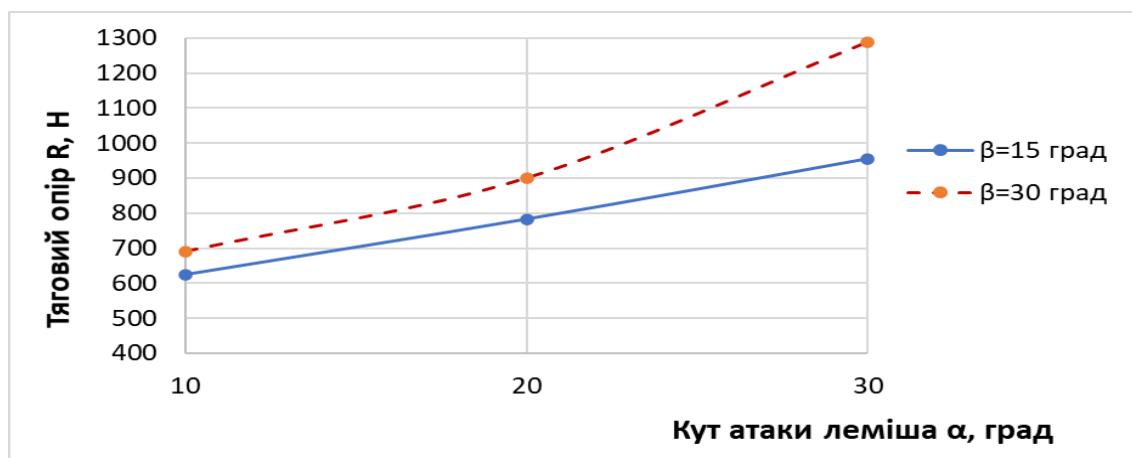


Рисунок 1.12 – Графік зміни тягового опору залежно від кута атаки  $\alpha$  леміша робочого органу.

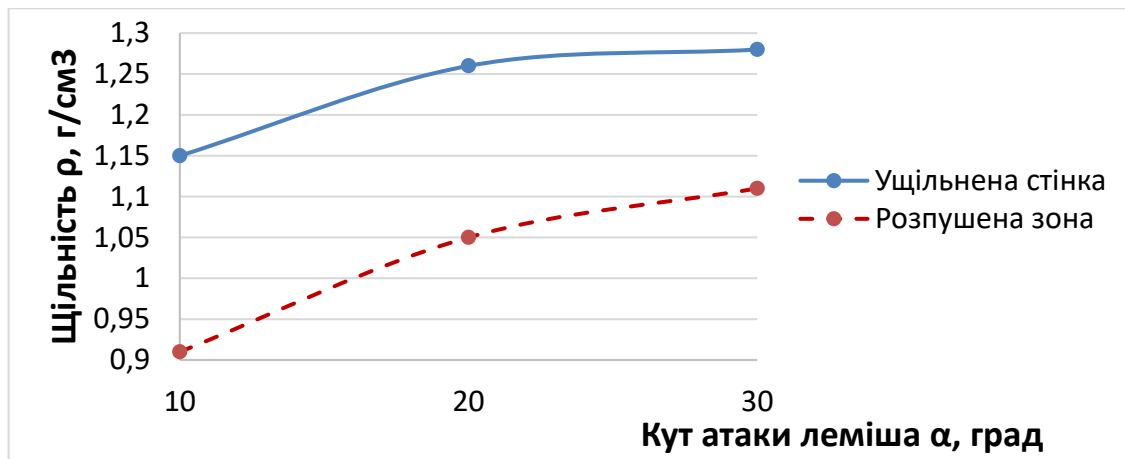


Рисунок 1.13 – Графік зміни щільності ґрунту в межах контуру смугової гряди залежно від кута атаки  $\alpha$  леміша при куті відхилення стійки  $\beta=15^\circ$ .

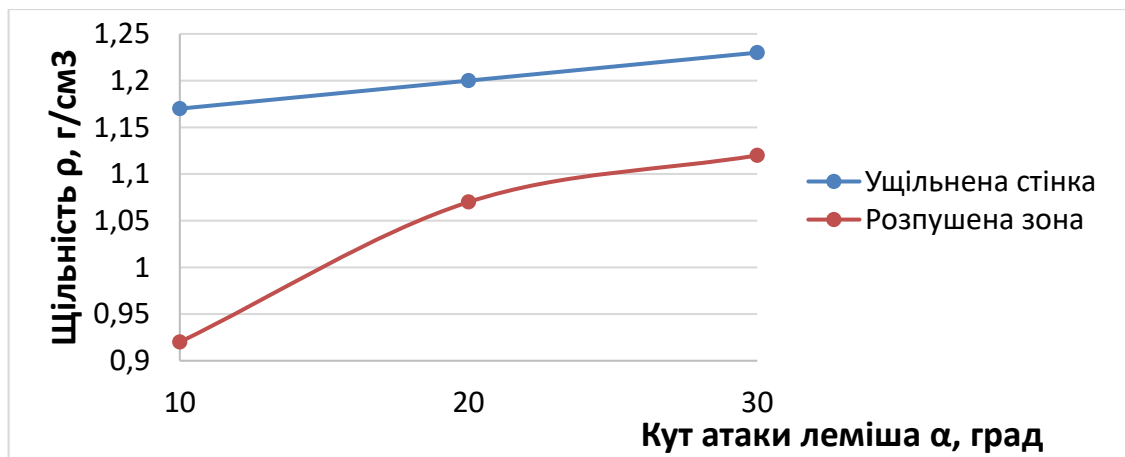


Рисунок 1.14 – Графік зміни щільності ґрунту в межах контуру смугової гряди залежно від кута атаки  $\alpha$  леміша при куті відхилення стійки  $\beta=30^\circ$ .

Проаналізувавши залежності можна зробити такі висновки.

1) Тяговий опір ґрунту зростає зі збільшенням кута атаки  $\alpha$  леміша. При цьому із збільшенням кута  $\beta$  нахилу стійки опір зростає суттєво. Так, у стійки, нахилених у поперечно-вертикальній площині на кут  $\beta=15^\circ$  при збільшенні кута атаки  $\alpha$  на  $20^\circ$  (з  $10^\circ$  до  $30^\circ$ ) тяговий опір зростає на 330 Н або 52% (з 625 Н до 955 Н). При цьому самому діапазоні зміни кута атаки  $\alpha$ , у стійки нахиленої під кутом  $\beta=30^\circ$  тяговий опір зростає майже на 600 Н або 86% (з 621 Н до 1289 Н).

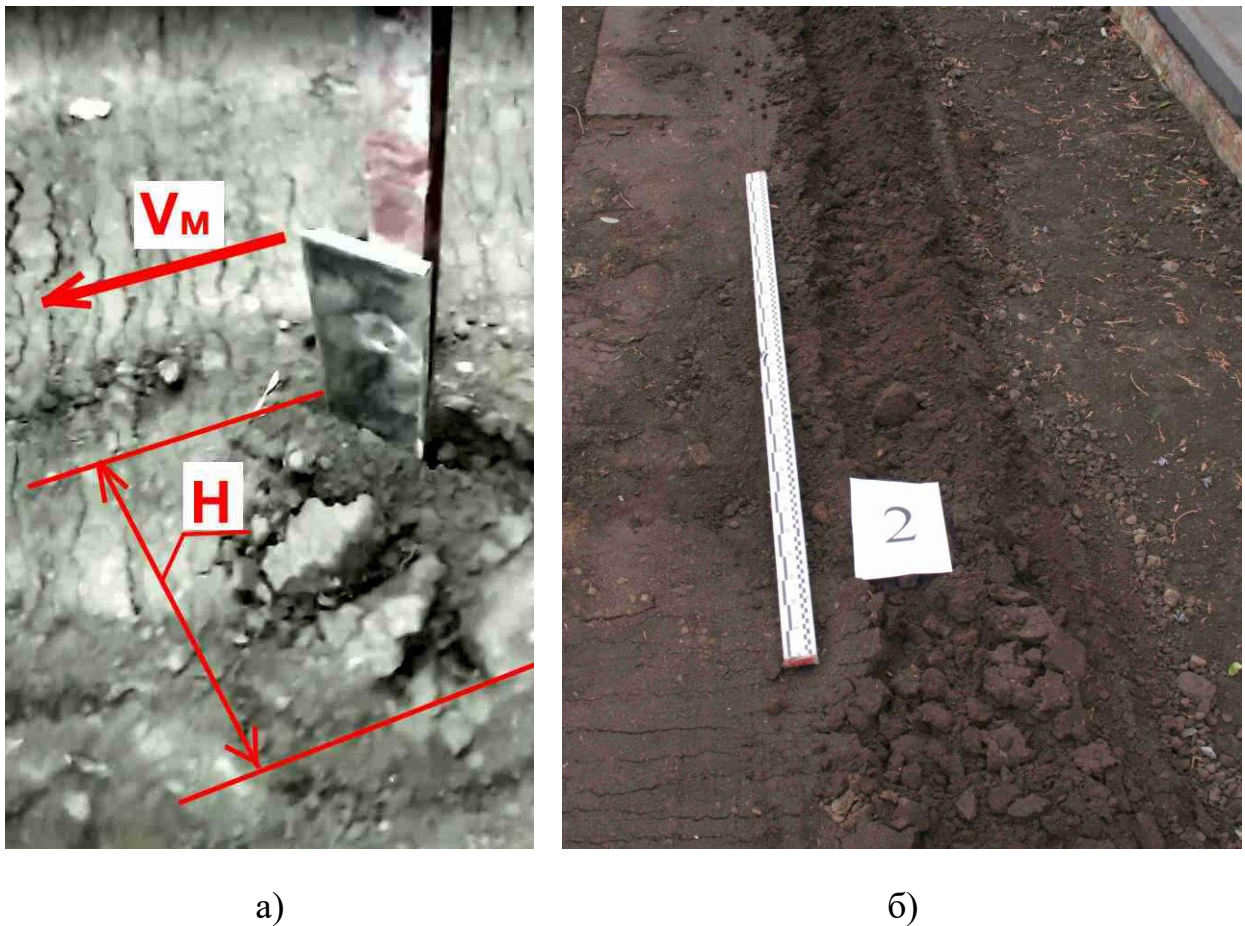


Рисунок 1.15 – До визначення ширини зони розпушування: а) ширина зони розпушування; б) загальний вид ґрунту після проходження робочого органу глибокорозпушувача.

2) Ступінь ущільнення бокової «ущільненої» стінки контуру смугової гряди зростає із збільшенням кута атаки  $\alpha$  леміша. При цьому, нахил стійки у поперечно-вертикальній площині у варіантах  $\beta = 15^\circ$  та  $\beta = 30^\circ$  має несуттєвий вплив на ущільнення і коливається у межах від 2 до 5%. При цьому більші значення ущільнення виникають при меншому ( $\beta = 15^\circ$ ) значенні кута нахилу стійки. Найбільше значення ущільнення стінки  $\rho_y = 1,28$  г/см<sup>3</sup> зафіксовано при  $\alpha = 30^\circ$  та  $\beta = 15^\circ$ . Але при цих параметрах суттєво (до 955 Н) зростає тяговий опір. В той же час при куті атаки  $\alpha = 20^\circ$  і  $\beta = 15^\circ$  щільність стінки зменшується до  $\rho_y = 1,26$  або на 1,6% при значенні  $R = 783$  Н, що на 25% більше мінімально зафіксованого значення тягового опору, яке становить 625 Н.

3) Щодо щільності ґрунту в зоні розпушення. Значення щільності, отримані в цій зоні менші за значення щільності бокової «ущільненої стінки», що є природним і збігається із завданнями досліджень. При цьому тенденція до зменшення щільності ґрунту в зоні розпушення проявляється при менших значеннях кута атаки леміша  $\alpha$  та нахилу стійки  $\beta$ . Зміна кута нахилу стійки у варіантах  $\beta = 15^\circ$  та  $\beta = 30^\circ$  також має несуттєвий вплив на ступінь ущільнення розпушеної зони і коливається до 2%. Пріоритетом у шуканих значеннях параметрів робочого органу є ущільнення бокової стінки, тому компромісні значення параметрів з пункту 2, а саме:  $\alpha = 20^\circ$  і  $\beta = 15^\circ$  вважатимемо раціональними значеннями, при яких щільність розпушеної зони становить  $\rho_p = 1,05 \text{ г/см}^3$

4) Покадрове дослідження відеозйомки процесу переміщення робочого органу в ґрунті при визначенні ширини зони розпушення  $H$  показало, що збільшення кута атаки леміша  $\alpha$  на нахилу стійки  $\beta$  призводить до збільшення ширини зони розпушення. Так при  $\alpha = 10^\circ$  та  $\beta = 15^\circ$  значина зони розпушення  $H = 190$  мм, а при граничних значеннях  $\alpha = 30^\circ$  та  $\beta = 30^\circ$ , величина  $H$  збільшується на 52% і становить 290 мм. Спираючись на положення пунктів 2 та 3, при  $\alpha = 20^\circ$  і  $\beta = 15^\circ$  значення ширини зони розпушення  $H$  становило 220 мм. Якщо на гряді, шириною 1 м висаджуватимуться підщепи на глибину 0,1 м у два рядки, відстань між якими 0,7 м, а відстань між краєм гряди і рядком становить  $l = 0,15$  м, то ширини зони розпушення  $H = 0,22$  м буде достатньо для забезпечення розташування кореневої системи щепи у розпушеному шарі ґрунту, у поперечному перерізі.

### **Висновки.**

Проведеними дослідженнями вирішена задача поліпшення загального агротехнічного стану ґрунту смугової гряди та створення умов для локалізації кореневої системи саджанця у межах контуру гряди шляхом обґрунтування параметрів глибокорозпушувача.

На підставі проведених досліджень зроблені такі висновки:

1. Проведеним аналізом конструкцій глибокорозпушувачів для смугового обробітку ґрунту визначено, що найбільш придатними за показниками якості

розпушування і повноти обробітку є робочі органи безполицевого типу із нахиленими стійками, що утворюють відкритий контур, а для забезпечення локалізації кореневої системи саджанця робочий орган глибокорозпушувача повинен, окрім розпушення ґрунту у внутрішній зоні контуру гряди, повинен забезпечувати ущільнення зовнішніх стінок контуру.

2. Визначено основні параметр робочого органу глибокорозпушувача, які впливають на процес утворення смугової гряди: кути нахилу стійки у поперечно-вертикальній та повздовжньо-вертикальній площині, кут відхилення лемішу стійки відносно напрямку руху (кут атаки), глибину ходу робочого органу, швидкість руху.

3. Розроблено та виготовлено конструкцію стенда для проведення тарування тензоланок при проведенні досліджень робочих органів сільськогосподарських машин в умовах ґрунтового каналу. Стенд забезпечує можливість тарування кільцевої октагональної тензоланки разом із досліджувальним робочим органом у двох площинах (повздовжньо-вертикальній та повздовжньо-горизонтальній) на одному стенді без застосування додаткових монтажних пристосувань. За результатами подано заявку на отримання патенту на корисну модель України.

4. На основі проведених досліджень процесу роботи макетного зразку робочого органу глибокорозпушувача в умовах ґрунтового каналу визначено, що робочий орган глибокорозпушувача на глибині 0,2 м при швидкості руху 0,37 м/с забезпечує утворення контуру смугової гряди із щільністю бокової стінки контуру  $1,26 \text{ г/см}^3$ , щільністю ґрунту у зоні розпушення  $1,05 \text{ г/см}^3$  і значенням тягового опору 1566 Н (два робочі органи) при таких раціональних параметрах положення робочого органу:

- кута атаки леміша  $\alpha = 20^\circ$ ;
- кута нахилу стійки робочого органу у поперечно-вертикальній площині  $\beta = 15^\circ$ .

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Галузева програма розвитку садівництва України на період до 2025 року. Київ: СПД "Жителєв С.І.", 2008. 76 с.
2. Сычева И.В. Эффективность приемов подготовки почвы и внесения минеральных удобрений при выращивании саженцев плодово-декоративных культур в условиях ЦЧР: дисс. ... канд. с.-х. наук: 06.01.01. Орел, 2014. 141 с.
3. ДСТУ 4938:2008. Саджанці плодових культур. Технічні умови. [Чинний від 2019-01-01]. Вид. офіц. Київ, 2009. 12 с.
4. Чижиков І. О. Обґрунтування схеми та засобів механізації вирощування саджанців плодових культур на грядках. Імпортозамінні технології вирощування, зберігання і переробки продукції садівництва рослинництва: мат. IV Міжнар. наук.-практ. конф. (17-18 травня 2018р., Умань). Умань, 2018. С. 26-31.
5. ГОСТ 20915-2011. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы определения условий испытаний. [Взамен ГОСТ 20915-75 сельскохозяйственная техника. Методы определения условий испытаний] Дата введения 2013-01-01. Москва: Стандартинформ, 2013. 24 с.
6. ГОСТ 28268-89. Почвы. Методы определения влажности, максимальной гигроскопической влажности и влажности устойчивого завядания растений. Дата введения 1990-06-01. Москва: Стандартинформ, 2004. 8с.
7. ДСТУ Б В. 2. 1-5-96. Основи та підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Методи статистичної обробки результатів випробувань. [Діючий від 01.04.1997]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 1996. 21 с.
8. Румшинский Л. З. Математическая обработка результатов эксперимента: справочное руководство. Москва: Наука, 1971. 192 с.
9. Опір матеріалів: підручник / За ред. Г. С. Писаренка. Київ: Вища школа, 1993. 655 с.
10. Висоцкий А. А. Динамометрирование сельскохозяйственных машин. Москва: Машиностроение, 1968. 290 с.



11. Слесарев В. Н., Мальцев В. В., Горохов П. В., Шитов А. Г. Объемное рыхление почвы. Земледелие. 1987. № 10. С.32-34.

12. Пальцев В. Г. Совершенствование технологии глубокого мелиоративного рыхления уплотненных Южных черноземов в условиях орошения дождеванием: дис. ... канд. техн. н.: 05.20.01. Мелитополь, 1993. 182 с.

13. Нетрадиційна смугова ґрунтозахисна енергозберігаюча технологія вирощування кукурудзи і соняшника: звіт про НДР (проміжний). №ДР 0199V003720. Луганськ, 2001. 20с.

14. Шелудченко Б. А. Обоснование рабочего процесса и параметров глубокорыхлящих органов объемного типа: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. Глеваха, 1990. 207 с.

15. Овчаренко О.А. Обґрунтування параметрів робочого органу глибокородзпушувача для об'ємного смугового обробітку ґрунту: автореф. дис....канд.техн.наук: 05.05.11 / О.А. Овчаренко; ЛНАУ. – Луганськ, 2005. – 20 с.

16. Костюченко М. М. Механіка ґрунтів: навчальний посібник. Київ: Інтернет-ресурс Київського університету, 2013. 116 с. Режим доступу: [http://www.geol.univ.kiev.ua/lib/mehanika\\_gruntiv.pdf](http://www.geol.univ.kiev.ua/lib/mehanika_gruntiv.pdf) (дата звернення 01.11.2020).

## **ПІДПРОГРАМА 2. РОЗРОБИТИ ЗАСОБИ МЕХАНІЗАЦІЇ ДЛЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ПЛОДОВИХ КІСТОЧКОВИХ НАСАДЖЕНЬ ІНТЕНСИВНОГО ТИПУ В УМОВАХ ПІВДНЯ УКРАЇНИ**

Керівник – к.т.н., доцент каф.СГМ **Саньков С.М.**

Виконавці – к.т.н., доцент каф.СГМ **Дядя В.М.**

к.т.н., доцент каф.СГМ **Кольцов М.П.**

### **2.1 Актуальність теми дослідження**

Для одержання конкурентоспроможних плодів застосовують інтегровану систему захисту рослин і врожаю від шкідників та хвороб, розроблену з урахуванням особливостей їх розвитку та поширення і застосуванням нових, високоефективних інсектицидів, акарицидів, фунгіцидів, біологічно активних сполук та мікробіологічних препаратів.

Основними шкідниками яблуні є сірий бруньковий довгоносик, букарка, казарка, цикадка, яблуневий квіткоїд, листокрутки, п'ядуни, попелиці, мінуючі молі, яблуневий пильщик медяниці, яблунева, східна і грушева плодожерка, кліщі–червоний плодовий, звичайний, павутинний та ін.; кісточкових порід: листокрутка, вишневий довгоносик, чорний сливовий пильщик, сливова товстонижка, слива плодожерка, теплиця, вишнева муха, кліщі.

Для обробки препаратами малогабаритних садів (висота дерев до 3 м і товщина плодової стіни не ширше 1,75 м) використовують тунельний обприскувач, в усіх інших випадках — ОПВ — 2000. ОП — 2000 А, ОВ — 630.

Вибір препаратів здійснюють, керуючись рекомендаціями "Переліку пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні", який щорічно видається Державною комісією з випробування пестицидів.

Незважаючи на широке різноманітність торгових марок, вентиляторні садові обприскувачі відрізняються між собою лише конструкціями вентиляторно-розпилювальних пристроїв. Конструкція вентиляторного

пристрою повинна відповідати виду насаджень і фазі їх розвитку (обсягу листового апарату), висоті та схемі посадки. Вентиляторний пристрій можна дообладнати різними типами приставок, дифузорів і інших знарядь, які направляють повітряний потік.

Основним недоліком вентиляторних обприскувачів (рис.2.1) є втрата робочої рідини. При обробці саду вентиляторними обприскувачами робоча рідина потрапляє також і за межі крони і осідає на ґрунт - в залежності від ступеня розвитку листового апарату втрати робочого розчину можуть досягати 30-90%.



Рисунок 2.1 – Вентиляторний обприскувач «Sieza 1000 Millenium».

Максимальними втрати є навесні, з наростанням листової маси вони скорочуються. Агрономи враховують це і збільшують норму внесення робочого розчину на одиницю площі.

Однак збільшення норм внесення погіршує екологічну ситуацію в місцях обробки, тому санітарні правила забороняють виконання хімічної обробки садів і виноградників на відстані ближче 500 м від населених пунктів.

Незважаючи на це, для зменшення витрати робочої рідини і для більш точного її внесення в конструкціях сучасних вентиляторних розпилувальних пристроїв застосовують гнучкі повітроводи, якими можна направити

повітряний потік циркулярних головок (через дефлектори). За допомогою гнучких повітропроводів розпилювальні головки можна переміщати в залежності від висоти насаджень. Таке рішення застосоване в конструкції вентиляційних обприскувачів «Sleza 1000 Millenium» (виробник - «Pilmet», Польща) та «Rafal» (виробник - «Caffini», Італія) (рис.2.1, 2.2).



Рисунок 2.2 – Вентиляторний обприскувач «Rafal».

Інша конструкція вентиляторного розпилювального пристрою використана в обприскувачі марки «Vicar» виробництва Німеччини, де повітряний потік, створюваний вентилятором, подається і розподіляється по чотирьох металевих повітроводах, на кінцях яких розташовані дифузори конічної форми. Через ці дифузори робоча рідина направляється на нижній і верхній яруси насаджень (рис.2.3). Напрямок руху повітря може регулюватися зміною кута положення дифузорів.



Рисунок 2.3 – Вентиляторний обприскувач «Vicar».

За якістю роботи сучасні вентиляторні обприскувачі в цілому задовольняють вимоги до хімічного захисту саду. Зокрема, випробування вентиляторних обприскувачів (марки «Evolution», «Mercury», «BAV Turblow», «Sleza Millenium», «SLV») довели, що такі показники, як нерівномірність розподілу робочої рідини по висоті насаджень і щільність покриття краплями верхньої і нижньої сторін аркуша складають 5,8-35,6% і 84-100% відповідно.

По ряду технічних і технологічних факторів, а також з урахуванням санітарних вимог застосування вентиляторних обприскувачів можливо лише в ранкові та вечірні години за безвітряної погоди.

#### **Тунельні обприскувачі.**

Значно підвищити якість обробки і зменшити втрати робочого розчину дозволяє використання обприскувачів камерного типу, які також називають тунельними обприскувачами.

Обприскувачі такого типу зазвичай мають причіпну або навісну машину, яка вносить захисні препарати методом малооб'ємних обприскувань в закритій камері. Обприскувачі можуть мати одну або дві камери для обробки одного або двох рядків насаджень відповідно.

Робоча камера однокамерного обприскувача «Lipso», Німеччина (рис.2.4), складається з двох вертикальних стінок, розташованих один проти

одного. У верхній частині камери знаходиться еластичне полотно, яке разом зі стінками утворює тунель.



Рисунок 2.4 –Обприскувач тунельного типу «Лірсо».

Із зовнішнього боку камера обшита поліетиленовими щитками. Внутрішні стінки камери розбиті на три частини у вигляді рельєфних перегородок. У першій третині перегородок кожної стінки тунелю розташований колектор з розпилювачами і система примусового розподілу потоку повітря, створюваного за допомогою турбіни. Для забезпечення герметичності робочої камери тунелю в її передній і задній частинах встановлені ущільнювачі.

У нижній частині кожної стінки робочої камери розташовані відстійники системи рециркуляції робочої рідини, які обладнані інжекторами для її повторного використання.

Під час перебування дерева в камері воно піддається обробці робочою рідиною, розпорошується. Залишки робочої рідини стікають по перегородках стінок камери в відстійник і через інжектор і фільтр подаються знову в бак.

Подібна конструкція камерного обприскувача (одно- і двотунельного) була розроблена і виготовлена вченими Південного філіалу Кримського

агротехнологічного університету разом з фахівцями науково-виробничого сільськогосподарського підприємства «Наука» (рис. 2.5).



Рисунок 2.5 –Обприскувач тунельного типу «ОКПВ-1000».

Випробування показали, що під час роботи обприскувачів такого типу більше 70% робочої рідини повертається на регенерацію, тобто знову в робочу ємність, і повторно використовується для обприскування. Щільність покриття краплями листя становить 92,8-100%. При цьому виключаються втрати робочої рідини не тільки із-за осідання на ґрунт, а також і на знесення вітром і випаровування. Покриття робочої рідиною листової маси було отримано рівномірний, незалежно від ярусу і зони обробки. Загальні втрати препарату становили близько 3%.

Конструкція тунелю передбачає можливість його регулювання по ширині і висоті, що дозволяє пристосовуватися до саду з різними характеристиками крони дерев.

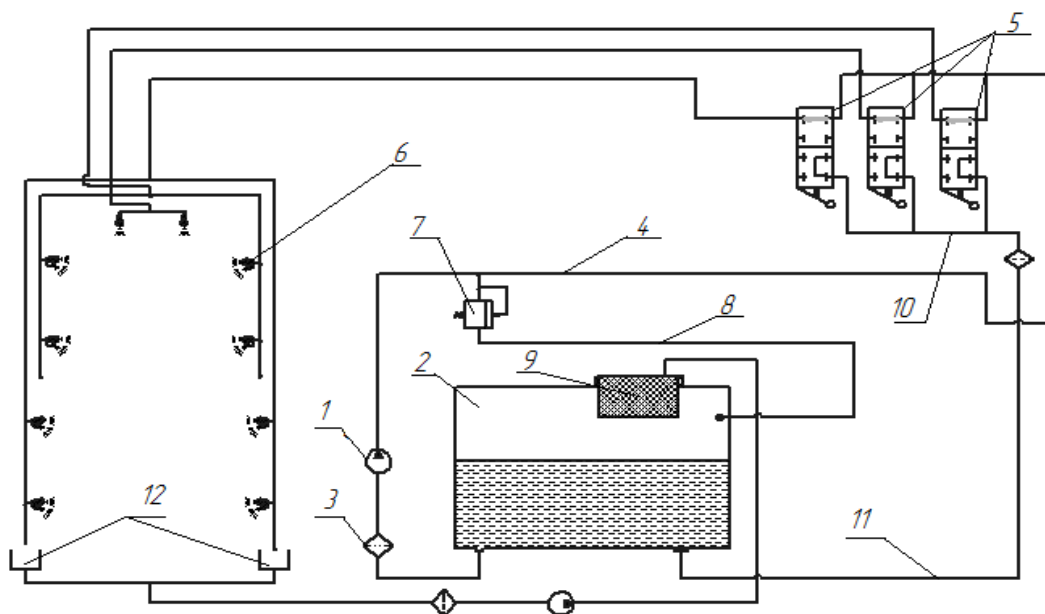
До недоліків камерних обприскувачів можна віднести їх велику вартість, а також меншу продуктивність у порівнянні з вентиляторними обприскувачами.

## 2.2 Методика проведення досліджень

### 2.2.1. Розробка конструктивно-технологічної схеми та системи якісних показників роботи обприскувача

Обприскувач призначений для знищення шкідників, збудників хвороб, шляхом нанесення на рослину рідких мілко розпилених отрутохімкатів.

Принципова схема обприскувача ОТН-1 наведена на рисунку 2.6. Робота обприскувача відбувається наступним чином. Від валу відбору потужності трактора приводиться в дію мембранно-поршневий насос 1, продуктивністю 120 л/хв. З бака 2, через фільтр 3, насос подає рідину по рукаву 4, до пульта керування 5. На цій ділянці, тобто у всмоктувальній магістралі, тиск незначний.



1-мембранно-поршневий насос; 2-бак; 3-фільтр; 4-рукав; 5-пульт керування; 6-розпилювачі; 7-запобіжний клапан; 8-рукав; 9-горловина з фільтром; 10,11-канали; 12-жолоби

Рисунок 2.6 – Принципова схема обприскувача ОТН-1.

На пульті управління тиск регулюється редуційним клапаном до 1.4 МПа і по рукаву рідина під тиском подається до розпилювачів 6, встановлених на екранах.



В нагнітальній магістралі між пультом керування та робочими органами знаходиться розділово-демпферний пристрій з манометром. Частина робочої рідини з пульта управління подається по рукаву до запобіжного клапану 7. Надлишок рідини з пульта управління по рукаву 8 надходить назад в бак.

Заправляється обприскувач через горловину бака з фільтром 9. При заправці закривається доступ рідини до розпилювачів за допомогою пристрою на пульті управління. При перекритті розпилювачів частина рідини надходить по каналу через запобіжний клапан 7. Інший потік її направляється по каналу 10, де створюється розрядження, і рідина з резервуара або водойми надходить через рукав в бак обприскувача.

Агрегатується обприскувач ОТН-1 із тракторами класу 0.9 та 1.4. Швидкість руху - 0,88...1,25 м/с.

Конструкція ОТН-1 передбачає можливість регулювання висоти оброблюваних дерев. Цю відстань регулюють висотою підняття каркасу. Так, висота підняття коливається в межах 230...330мм.

### **2.2.2. Методика визначення показників робочого процесу обприскувача**

Ефективність виробництва та експлуатації машин необхідно оцінювати показниками, що входять у єдину систему. Для створення системи показників необхідно вирішувати задачі теоретичного, практичного та організаційного характеру. Точність оцінки залежить від повноти показників та тих факторів, з якими вони пов'язані. Знаючи фактори, що впливають на агротехнічні, техніко-експлуатаційні показники роботи машини та форми їх прояву, можна підвищити якісні показники та випрацювати міри по удосконалюванню машини.

Для обприскувача ОТН-1 була розроблена система показників комплексної оцінки, яка представлена на рисунку 2.7.

Комплексна система показників		
Система показників якості роботи	Система експлуатаційно - технологічних показників	Система техніко - економічних показників
1) рівномірність або ритмічність роботи; 2) розмір краплі; постійна, низький і ультра низький обсяг; 3) спреї обсягу; 4) спреї діапазонів; 5) втрата рідини.	1) продуктивність; 2) витрати праці; 3) витрата палива; 4) ККД; 5) витрати енергії; 6) надійність.	1) витрати праці; 2) прямі витрати; 3) питомі капіталовкладення; 4) зведені витрати; 5) термін окупності капітальних вкладень.

Рисунок 2.7 – Схема комплексної системи показників оцінки обприскувача ОТН-1.

Показники якості виконання технологічного процесу робочих органів визначаються при проведенні агротехнічної оцінки машини. Оцінку цих показників проводять по методикам у відповідності з РД 10.4.4 – 89 та КНД 46.16.02.08 – 95.

Якщо фактична норма витрати рідини відрізняється від заданої більш ніж на  $\pm 5\%$ , тиск в системі або швидкість руху агрегату слід змінити так, щоб фактична витрата рідини була рівна або близька до заданої величини.

Дотримання швидкості руху визначають часом, за який агрегат проходить задану відстань (наприклад, 50 або 100 м). Розділивши пройдений шлях (км) на час (год), отримують фактичну швидкість агрегату.

Ширина робочого захоплення агрегату. Встановлюють її вимірюванням відстані між слідами коліс трактора в кількох суміжних проходах агрегату. Ця відстань повинна бути дорівнювати розрахунковій величині.

Рівномірність обприскування. Визначають за допомогою предметних люстер, оброблених гліцирином або силіконом.

Для обприскувачів, які працюють методом бічного дуття, кількість контрольних точок (пластинок) має бути не менше 50, причому пластинки розкладають через 1 м.

При роботі з легко дисперсними речовинами в розчин слід додати нігрозин.

Після проходу агрегату на предметних люстерках підраховують кількість крапель (при необхідності використовують мікроскоп). Рівномірність обприскування визначають за коефіцієнтом вирівнювання  $B$  за 5-бальною шкалою.

$$C = \frac{A - B}{A} \cdot 100\% \quad (2.1)$$

де  $A$  – площа необробленої крони;  $B$  – площа обробленої крони.

Технічну ефективність обприскування оцінюють за 5-бальною шкалою.

<i>Технічна ефективність пестицидів, %</i>	<i>Бали, оцінка</i>
> 95	5 — відмінно,
90-95	4 — добре
85-90	3 — задовільно
80-85	2 — погано
< 80	1 — дуже погано

### Розмір крапель

Здатність проникати всередину стеблостою — одна з основних умов, з огляду на які визначають параметри оприскування. Якщо культура широколиста, великі краплі, навпаки, осідають на верхній частині листка і не потрапляють на нижні яруси. Як правило, при використанні стандартних щілинних розпилювачів на цільовий об'єкт потрапляє лише половина всієї розпилюваної рідини (за умови недотримання правил внесення ЗЗР. З

розвитком рослин кількість рідини, яка на них утримується, може сягнути 90 % усього об'єму розпилу.

Облік проводять шляхом огляду дерев в день дослідних проходів машини. Результат заносять у відомість форми 13 по РД 10.4.4 – 89 й визначають кількісну долю з округленням до першого десяткового знаку.

Функціональна схема обприскувач ОТП-1 власного виробництва наведено на рисунку 2.8.

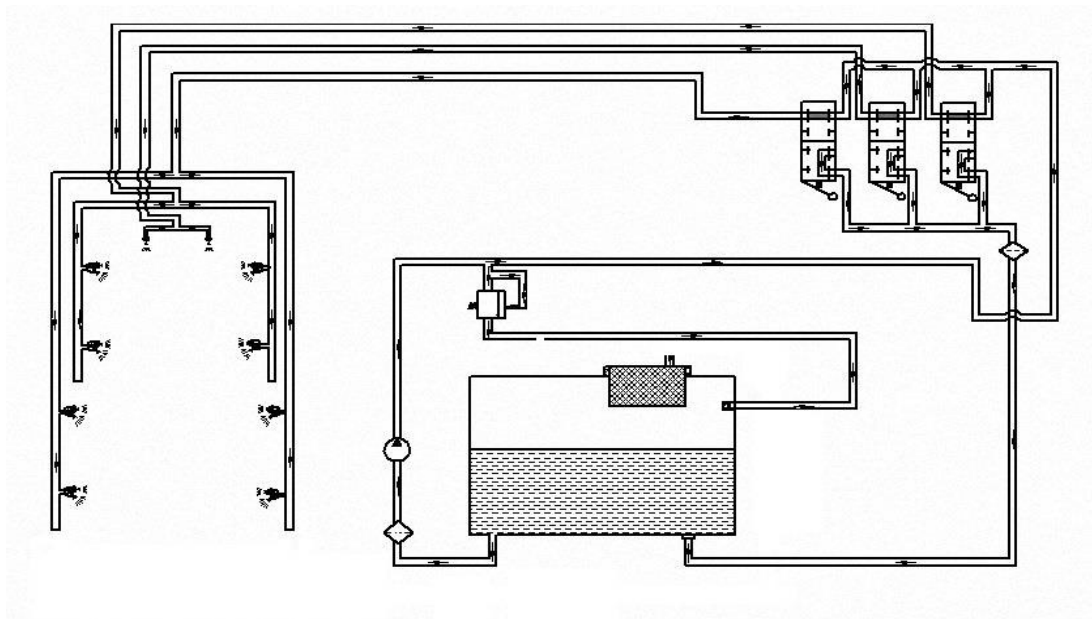


Рисунок 2.8 – Функціональна схема ОТП-1.

До недоліка даного обприскувача можна віднести велику втрату рідини, а також меншу продуктивність у порівнянні з вентиляторами обприскувачами.

### 2.2.3. Визначення слабкої ланки в технології

На випробуваннях машина показала гарну роботу по таким показникам, як «продуктивність» та «рівномірність розподілу речовини». Однак показник «втрата рідини» виявився таким, що не відповідає стандарту.

Аналіз технологічного процесу роботи робочих органів показав, що у даних робочих органів відсутня можливість здійснювати цілеспрямоване

розпилення робочої рідини, також велика втрата робочої рідини, що не відповідає вимогам. Тому питання про розробку нового органу, який би забезпечив зменшення втрати рідини, підвищення коефіцієнту розпилення та зниження енергоємності процесу стає актуальним.

## **2.3 Результати досліджень**

### **2.3.1. Визначення показників якості розпилюючих пристроїв при лабораторних випробуваннях**

Кут розпилення визначають по ГОСТ ІСО 5682-1.

Фактичні витрати рідини через розпилюючі пристрої визначають на чистій воді. В обприскувачів з вентиляторами, гідравлічними і обертовими розпилювачами витрату визначають на режимах, зазначених у ТЗ ( для досліджувальних машин) і ТУ (для серійних машин).

Рідина, що витікає із одиночних наконечників, збирають протягом 1-2 хв в судини (ємності) і вимірюють її обсяг з похибкою не більше 1% з триразовою повторністю.

При неможливості виміряти обсяг рідини, яка витікає з розпилювачів, витрата визначають як середній за час випорожнення ємності відповідно до технічного опису або при частковому спорожненні ємності методом доливання до початкового рівня вимірної кількості рідини.

Витрата рідини через наконечники ранцевих пневматичних обприскувачів визначають при зміні тиску від 5 до 0,2 МПа (до повного викиду рідини).

Витрата рідини через розпилювачі брандспойта і інших ранцевих обприскувачів визначають при рекомендованому керівництвом по експлуатації числа хитань на хвилину важеля приводу насоса.

Рідину, що витікає із кожного розпилювача протягом 1-2 хв, збирають в судини і вимірюють мірною ємністю її обсяг з похибкою не більше 1% з триразовою повторністю.

При обробці даних лабораторних випробувань обчислюють середнє арифметичне значення витрати рідини окремими розпилювачами по ширині захоплення машини  $Q$ ,  $\text{дм}^3 / \text{хв}$ , по формулі:

$$\bar{Q} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{n}, \quad (2.2)$$

$$\bar{Q} = \frac{4,6}{10} = 0,46 \text{ дм}^3 / \text{хв}.$$

де  $Q_i$  – витрата рідини  $i$ -м розпилювачем,  $\text{дм}^3 / \text{хв}$ ;

$n$  – кількість розпилювачів, шт.

Стандартне відхилення витрати рідини між окремими розпилювачами  $\sigma$ ,  $\text{дм}^3 / \text{хв}$ , визначають за формулою:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})^2}{n - 1}}. \quad (2.3)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{(4,8 - 4,6)^2}{10 - 1}} = 0,06 \text{ дм}^3 / \text{хв}.$$

Нерівномірність витрати рідини між окремими розпилювачами по ширині захоплення виражають коефіцієнтом варіації  $\nu$ , %, і обчислюють за формулою:

$$\nu = 10^2 \frac{\sigma}{\bar{Q}}. \quad (2.4)$$

$$\nu = 10^2 \frac{0,06}{0,46} = 13\%.$$

Фактичну подачу рідини насосом обприскувача визначають в триразовою повторності при оптимальній частоті обертання приводного вала і чотирьох - п'яти значеннях тиску в нагнітальній магістралі від нульового до максимального робочого тиску. Для цього до нагнітального патрубку насоса під'єднують рукав високого тиску з манометром і краном. Рідина, що витікає із

нагнітальних трубопроводів і редуційного пристрою, збирають в ємність, місткість якої попередньо вимірюють. Час досвіду фіксують секундоміром з похибкою  $\pm 1с$ .

### **2.3.2. Визначення умов при лабораторно-польових випробуваннях**

Вид і найменування пестициду визначають згідно з паспортними даними, вимоги до них - за ГОСТ Р 51247.

Задану концентрацію робочої рідини пестициду вказують відповідно до агро-технічних вимог щодо застосування конкретних пестицидів в регіоні.

Метеорологічні умови (температуру і відносну вологість повітря, швидкість вітру і напрямок вітру по відношенню до руху машини) визначають по ГОСТ 20915. Рельєф і мікрорельєф поля, вологість і твердість ґрунту визначають за ГОСТ 20915.

Тип насадження (для саду), рік посадки (4 рік), сорт ( Голден Делішес, Айдаред), схему посадки (4,0 x 1,0) визначають на підставі агротехнічних даних підприємства.

Фазу розвитку рослини вибирають в залежності від мети випробувань і агротехнічних вимог щодо застосування конкретних пестицидів.

Розміри не менше ніж десяти рослин (висоту і діаметр крони) вимірюють рулеткою або спеціальним пристосуванням. Висоту рослини вимірюють в природному положенні, діаметр крони - в місцях найбільшої раскидистості. Похибка вимірювань повинна становити - не більше 5%.

Відстань між рослинами в ряду вимірюють рулеткою з похибкою  $\pm 1см$  , і обчислюють середнє арифметичне значення з округленням до цілого числа.

Ширину міжряддя визначають вимірюванням відстані між центрами рослин двох суміжних рядів. Вимірювання проводять в трьох міжряддях не менше ніж десяти точках з погрішністю  $\pm 1см$ .

### 2.3.3. Визначення показників якості виконання технологічного процесу при лабораторно-польових випробуваннях

Робочий тиск в нагнітальній системі визначають за показаннями приладів, встановлених на обприскувачі.

Робочу швидкість руху визначають на обліковому проході довжиною не менше 50 м в трикратній повторності.

Оптимальну робочу швидкість вибирають, виходячи з типового фону, фази розвитку рослини і забезпечення показників якості виконання технологічного процесу, зазначених в ТЗ, ТУ.

Тривалість досліду вимірюють секундоміром з похибкою  $\pm 1$  с, довжину облікового проходу вимірюють рулеткою з похибкою  $\pm 1$  см.

Робочу швидкість  $V_p$ , км / год, розраховують за формулою:

$$V_p = 3,6 \frac{L}{t}, \quad (2.5)$$

де  $L$  - довжина облікового проходу, м;

$t$  - тривалість досліду, с.

$$V_p = 3,6 \frac{100}{35,4} = 10,1 \text{ км / год.}$$

Приймаємо робочу швидкість в діапазоні 8...12 км/год. Обчислення проводять із округленням до першого десяткового знака.

Задана витрата робочої рідини (мінімальна і максимальна) повинна бути приведена ВТЗ і ТУ, а оптимальна - в Державному каталозі пестицидів, дозволених до застосування.

Налаштування обприскувача на задану витрату рідини  $q$ ,  $\text{дм}^3/\text{хв}$ , проводять підбором норми витрати через усі розпилювачі і обчислюють за формулою:



$$q = \frac{Q_3 B V_p}{600}, \quad (2.6)$$

де  $Q_3$  - задана витрата (норма в залежності від препарату, використаємо для приклада препарат *МЕДЯН ЕКСТРА 350 к.с.* – 600 л/га.) рідини,  $\text{дм}^3/\text{га}$ ;

$B$  - робоча ширина захвату, м.

$$q = \frac{600 \cdot 1,0 \cdot 10,1}{600} = 10,1 \text{ дм}^3 / \text{хв.}$$

Фактичні витрати робочої рідини  $Q_\phi$ ,  $\text{дм}^3/\text{га}$ , визначають при пробному обприскуванні шляхом вироблення повної або частини місткості обприскувача. За обсягом вилитої рідини і обробленої площі визначають фактичні витрати (норму) на гектар і при необхідності корегують режим роботи.

Відхилення фактичних витрат робочої рідини від заданої  $Q_{\text{ж}}$ , %, обчислюють за формулою:

$$Q_{\text{ж}} = 10^2 \frac{630 - 600}{600} = 5\% \quad (2.7)$$

де  $Q_\phi$  - фактична витрата (норма) рідини,  $\text{дм}^3 / \text{га}$ .

Робочу ширину захвату машини  $B_p$ , м, визначають як середнє арифметичне значення і обчислюють за формулою:

$$B_p = \frac{B'_p}{n_p}, \quad (2.8)$$

$$B_p = \frac{40,0}{40} = 1 \text{ м.}$$

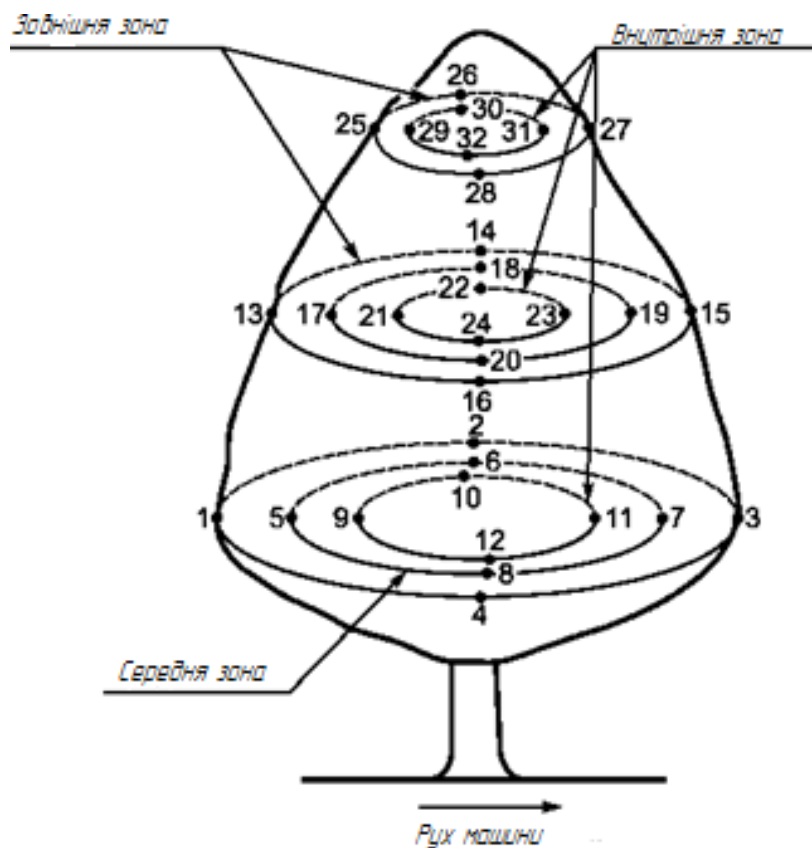
де  $B_p$  - загальна робоча ширина захвату за  $n_p$  робочих проходів машини, м;

$n_p$  - число робочих проходів на поле.

Густоту покриття і дисперсність розпилу рідини обприскувачами визначають при лабораторно-польових випробуваннях на режимах за відповідності з ТЗ.

В якості робочої рідини використовують одно-, двовідсотковий водний розчин барвника чорного. Допускається застосування одно-, двовідсоткового розчину нігрозину або іншого інтенсивного водорозчинного барвника.

Густоту покриття і дисперсність розпилу визначають на картках з крейдованого паперу, оброблених трьо-, п'ятипроцентним розчином парафіну в толуолі (ортоксилола) для зменшення розтікання вловлювальних краплин. При обробці кожну картку занурюють в розчин, виймають з нього і поміщають в сушарку (рис. 2.9).



## Рисунок 2.9 – Схема розміщення карток на плодкових деревах

Випробувана машина проходить по ділянці і проводить обробку насаджень з картками. Після підсихання картки збирають, акуратно укладають і відправляють в лабораторію для аналізу.

Для оцінки густоти покриття обробленої поверхні картки (окремо по верху і низу аркуша) розподіляють на п'ять груп:

I - необроблені;

II - з густотою, менш допустимої по ТЗ;

III - з густотою, допустимої по ТЗ;

IV - з густотою, більш допустимої по ТЗ;

V - залиті.

Розбивку карток на групи I, II, III проводять за результатами їх мікроскопування.

Картки IV і V груп не аналізують під мікроскопом.

Картки IV групи відбирають візуально, порівнюючи з заздалегідь підібраним еталоном з максимальною густотою покриття, допустимої по ТЗ.

До V групи відносять залиті картки (з великими розтікшимися краплями).

Густоту покриття краплями визначають підрахунком крапель на кожній картці за допомогою мікроскопування або сканування карток з наступною обробкою результатів за спеціальною програмою для ПЕОМ.

При мікроскопуванні кожної картки має бути переглянуто не менше п'яти смуг довжиною 20 мм. Переглянуті смуги повинні розташовуватися на різних ділянках картки.

При скануванні обробляють всі картки по всій їх площі. При підрахунку крапель враховують переглянуту площу.

Густоту покриття  $P_o$ , крапель/см<sup>2</sup>, обчислюють за формулою:

$$P_o = \frac{n_k}{S_n}, \quad (2.9)$$

де  $n_k$  - загальне число врахованих крапель;

$S_n$  - переглянута площа, см<sup>2</sup>.

За результатами розподілу карток по групах відповідно до густотою покриття визначають кількісну частку кожної групи від загального числа карток для зон, ярусів, дерева в цілому (для садів).

Дисперсність (крупність) осівших крапель на картках визначають тільки на режимах, рекомендованих ТЗ. Обробку карток для визначення дисперсності проводять методом мікроскопії або скануванням і наступною обробкою на ПЕОМ за спеціальною програмою.

При мікроскопуванні картки всіх повторностей, зняті з дерев, візуально (за допомогою еталонів) розподіляють по верху і низу листа на три групи:

- Умовно дрібні - до 150 мкм;
- Середні - від 150 до 300 мкм;
- Великі - понад 300 мкм.

За результатами розподілу карток по групах крапель обчислюють кількісну частку кожної групи від загального числа карток. З кожної групи крупності мікроскопуванні і подальшій обробці піддають по дві характерних картки з визначенням значення медіа-масового діаметра крапель в кожній групі.

При скануванні обробляють все картки. При обробці даних сканування краплі по діаметру розподіляють на три групи аналогічно поділу карток при мікроскопуванні і обчислюють кількісну частку кожної групи.

За результатами обробки даних і мікроскопування, і сканування обчислюють середнє значення медіа-масового діаметра осівших крапель, яке порівнюють з рекомендаціями ТЗ.

За середньозваженим значенням медіа-масового діаметра крапель обприскувач відносять до певної групи за дисперсності розпилу відповідно до ГОСТ 21507.

Механічні пошкодження рослин визначають з урахуванням пошкоджень, нанесених рослинам робочими органами машини.

Пошкодження рослин визначають після проходу машини оглядом рослин (дерев) на облікових майданчиках довжиною від 5 до 10 м (залежно від культури), шириною, рівній ширині захоплення машини.

На кожному режимі виділяють чотири майданчики і фіксують їх кілочками, які зберігають до кінця проведення дослідів. До прохода обприскувача в межах кожної площадки визначають число цілих рослин (дерев) по кожному ряду.

Біологічну ефективність хімічної обробки характеризують сумарною дією пестициду і якості обприскування на об'єкт обробки. Її визначають фахівці з захисту рослин за спеціальними методиками відповідно до рекомендацій. Ефективну ширину захвату визначають за результатами оцінки біологічної ефективності.

В результаті проведених досліджень сформовано технічну характеристику обприскувача ОТП-1, яку наведено у таблиці. 2.1

Таблиця 2.1

Технічна характеристика обприскувача ОТП-1.

Найменування показника	Значення показника
Тип	Навісний
Агрегатується (марка трактора)	МТЗ-80, МТЗ-82
Привід	ВВП
Робоча ширина захвату, м	0,8...1,2
Робоча швидкість на обробці дерев, км/год.	8...12
Транспортна швидкість, км/год.	15...25
Продуктивність за годину основного часу, га	1...1,5
Число обслуговуючого персоналу, чол.	1
Габарити, мм: обприскувача в робочому положенні:	
- довжина	1400
- ширина	2500...3500
- висота	3300

агрегату в робочому положенні:	
- довжина	5700
- ширина	2500...3500
- висота	3300
Дорожній просвіт, мм	470
Характеристика робочих органів	–
Насос:	–
Тип і марка	Насос мембранно-поршневої Р-120, відцентровий насос ХТЛ 8
Число насосів, шт.	2
Споживана потужність, кВт	1)0,36; 2)0,1
Частота обертання приводного вала, с <sup>-1</sup>	1)540; 2)320
Максимальний робочий тиск, МПа	1) 1,4; 2) 0,7
Ємність:	–
Форма	Бочкоподібна
Матеріал	Пластмаса
Місткість, л.	200

### **Висновки.**

1. Для обробки дерев в садах обрано обприскувач тунельного типу, що сприяє підвищенню якості обробки і зменшенню втрати робочого розчину, при цьому внесення захисних препаратів проводиться методом малооб'ємних обприскувань в закритій камері. Щільність покриття листя краплями становить 92,8-100%.

2. Запропоновано удосконалити конструкцію встановленням жолобів зі зворотнім поверненням рідини до баку обприскувача. Підібрано відповідний насос який забезпечить зворотню подачу розчину. Визначено, що за рахунок впровадження жолобів рідина не розповсюджується на ґрунт, а накопичується,

фільтрується, й після чого насосом повертається назад в бак.

3. Розроблено комплекс працезохоронних заходів, який дозволяє значно знизити потенційну небезпеку, поліпшити умови праці працюючих і, як наслідок, – підвищити продуктивність праці.

4. Визначено прямі експлуатаційні витрати, які склали 700 грн./га., при цьому фактичний термін окупності додаткових капітальних вкладень, становить 0,5 року, річна економія витрат праці – 550 люд./год., річний економічний ефект – 7000 грн.

### **ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ**

1. Сільськогосподарські та меліоративні машини: Підручник; За ред. Д.Г. Войтюка. — К.: Вища освіта, 2004.

2. Павлов Г.Ф. Агротехнічні і біологічні методи захисту рослин. - М.: Росіль-хозіздат, 1976

3. Машины для садоводства / Ф.Е. Аниферов, Л.И. Ерошенко, И.З. Теплинский.- 2-е изд., перераб и доп.- Л.:Агропромиздат. Ленинградское отделение, 1990.- 304 с., ил.

4. ГОСТ Р 53053-2008 «Машины для защиты растений. Опрыскиватели. Методы испытаний»

5. Механизация работ в садоводстве / В.К. Кутейников, Н.П. Лосев, А.В. Четвертаков и др.- 2-е изд., перераб. и доп. –М.: Колос, 1983.- 319 с., ил.

7. Каблучко Г.О., Гапоненко Б.К. Плодівництво. - К.: Вища освіта, 1990

9. Н.И. Клёнин, В.А. Сакур. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. М.: Колос, 1980.

11. Контроль тракторів, комбайнів і автомобілів за показниками безпеки / В.Л.Луценков, Д.А. Бутко , М.Л. Крижачківський та ін.-К.: Урожай, 1993- 296 с. ( Рос. Мовою).

12. Розрахунок гідроприводу активних робочих органів сільськогосподарської техніки. Методичні вказівки до лабораторної роботи № 5 з дисципліни «Гідравлічні системи сільськогосподарської техніки» для студентів

ОКР «Бакалавр» напряму підготовки 6.100102 «Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва». - Таврійський державний агротехнологічний університет, 2015. -96 с.

13. Бойчук Ю. Д. Екологія і охорона навколишнього середовища: Навчальний посібник. - Суми: Університетська книга, 2002. -283 с.

14. Джигирей В. С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища: Навчальний посібник для студ. вуз. -К.: Знання, 2004. -309 с.

15. Чайка В. Є. Екологія: Навчальний посібник – Вінниця: Книга-Вега, 2002. -407 с.

17. Курдюков В.В. Последствие пестицидов на растительные и животные организмы. -М.: Колос, 1982. -128 с.



### **ПІДПРОГРАМА 3. ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ І РЕЖИМІВ РОБОТИ СИСТЕМИ ЗРОШУВАННЯ НАСАДЖЕНЬ ПЛОДОВИХ КУЛЬТУР**

Керівник – д.т.н., ст.наук.співр., зав. каф. СГМ **Караєв О.Г.**

Виконавці – аспірант кафедри СГМ Філіпов Д.О.

к.т.н., доцент каф. СГМ Сушко С.Л.,

д.т.н., професор каф. СГМ Тарасенко В.В.,

к.біол.н., ст.наук.співр. Одинцова В.А.

#### **3.1 Актуальність теми дослідження**

Вирощування плодових культур в ґрунтово-кліматичних умовах Південного степу України, де природного зволоження недостатньо, можливе тільки в умовах зрошування. В середньому за рік кількість опадів становить від 350 до 500 мм, які нерівномірно розподіляються протягом вегетаційного періоду.

За багаторічними даними встановлено, що за літньої вегетації дерев (переважно у липні-серпні) спостерігаються ґрунтові й повітряні посухи та сухотії. Такі метеорологічні умови призводять до стресів рослин у різні періоди їх росту і розвитку, а особливо під час формування та закладання майбутнього урожаю.

Це призводить до зменшення врожаю до 30% та низької якості плодів. Тому істотне місце в технології вирощування плодових культур у ґрунтово-кліматичній зоні «Південний степ» України слід відводити зрошенню плодових насаджень системами надкоронового дрібнодисперсного дощування, які забезпечать не тільки виконання вегетаційних поливів, а й сприятимуть поліпшенню мікроклімату в саду, а також економії енергоресурсів [1-8].

Тільки шляхом впровадження новітніх технологій можливо вирішити проблему недоотримання врожаю від дії вищезгаданих природних чинників.

Ефективність зрошення кісточкових культур досягається вибором оптимальних строків, норм та способів поливу, які засновано насамперед на урахуванні вологості ґрунту, періоді розвитку рослин та їх фізіологічного стану. Норми поливу визначаються кліматичними умовами, механічним складом та фільтруючою здатністю ґрунту [19]. Методи призначення режимів зрошення за вологістю ґрунту або на основі рівнянь водного балансу ґрунту не дозволяють урахувати залежність водного стресу рослин одночасно як від вологості ґрунту, так і від кліматичних факторів. Тому необхідно використовувати різні фізіологічні показники, які допоможуть визначити водний обмін рослин та здатні автоматизувати процес поливу.

На теперішній час питання практичного використання фітомоніторингу у зв'язку з вивченням водного режиму рослин розглядаються у багатьох наукових працях. Засновники методології фітомоніторингу та їх послідовники продовжують його застосування як засобу управління продукційним процесом однорічних сільськогосподарських культур у відкритому ґрунті та в теплицях [20-21].

Серед багатьох фізіологічних показників, які характеризують водний режим рослин швидкість водного потоку в стовбурі є найбільш інформативною, який можна зберігаючи цілісність рослин безперервно реєструвати у заданому режимі опитування. Тому цей показник доцільно застосовувати при діагностиці функціонального стану дерев, встановленні закономірностей їх водного обміну та управлінні поливами, які спрямовано на поліпшення ґрунтово-кліматичних умов вирощування, створення мікроклімату в саду та підвищення продуктивності кісточкових плодових рослин.

На сучасному етапі створення новітніх технологій надкоронового дрібнодисперсного дощування плодових насаджень необхідним є отримання інформації про зміни архітекtonіки крони дерев за віком, площі листової поверхні крони і інтенсивність її змочування, а обґрунтування рішень щодо оптимального складу системи надкоронового дощування є актуальним науково-виробничим завданням.

### 3.2 Методика проведення досліджень

Об'єктом досліджень є стаціонарна багатофункціональна система надкоронового дрібнодисперсного дощування. Вона повинна мати просту конструкцію надійну в експлуатації. Система розробляється виходячи з об'єктів зволоження (рослини та приземний шар повітря) і відповідних агротехнічних вимог до структури дощу. Вони розробляються виходячи з умов забезпечення максимально рівномірного зволоження усієї поверхні крони, внесення добрив в залежності від водопроникності листя та заданих норм поливу. При цьому не допускається поверхневий стік з листя дерев.

У варіантах досліду насаджень абрикоса та черешні зрошення передбачено здійснювати системами мікрозрошення: підкоронового дрібнодисперсного дощування та краплинного зрошення. Контроль – варіант природного зволоження.

Системи мікрозрошення мають фільтр для очищення зрошувальної води, розподільну й поливну мережі трубопроводів, регулюючу арматуру, пристрій для автоматичного управління водорозподіленням. Поливна мережа систем розміщена в підкоронами дерев. Вздовж ряду насаджень до дроту кріпляться поливні поліетиленові трубопроводи діаметром 20 мм на висоті 0,6-0,8 м від поверхні ґрунту. При підкороновому дощуванні на них, при будь-якій схемі розміщення дерев у саду, через 2-2,5 м встановлюються кутники К-337 із відцентрово-гвинтовими насадками Д-005 для дрібнодисперсного розпилення води з витратою 20-25 л/год при тиску 200-300 кПа. При краплинному зрошенні замість насадок біля кожного дерева в поливний трубопровід вмонтовуються крапельниці К-383 з витратою води 5,5 л/год. При проведенні поливів мінералізація води має бути у межах від 0,5 до 2,0 г/л.

Програмою досліджень було передбачено проведення таких дослідів.

#### Дослід №1

Назва досліду: «Визначення змін геометричних параметрів крони дерев яблуні з віком».

Мета досліду: встановити залежність показника насиченості крони дерев яблуні листовою поверхнею від віку дерев.

Крона дерев плодкових культур характеризується геометричними параметрами, а саме висотою, шириною, площею проекції, об'ємом, облиствленістю та площею листової поверхні.

Дерева мають різноманітні форми крони, які залежить від сорту, схеми садіння, системи формування крони дерев, віку. Тому передбачається встановити залежності зміни архітекtonіки крони за віком в залежності від сорту, схеми садіння, системи формування крони дерев, віку плодкових культур.

Умови проведення дослідження. Визначення закономірностей зміни параметрів крони за віком, було проведено для зерняткових культур (яблуня) при застосуванні щорічного обрізання.

Схема досліду. Для визначення архітекtonіки у різні роки росту та розвитку яблуні необхідно встановити такі залежності від віку: висота крони; площа проекції крони; об'єму крони; площі листової поверхні крони.

#### Елементи обліку:

- біометричні показники: форма та об'єм крони, висота та ширина (у двох напрямках), площа проекції крони, облиствленість, площа листової поверхні;
- показник насиченості крони листовою поверхнею (сумарна площа листя, розміщена в одиниці об'єму крони, в  $m^{-1}$  ( $m^2/m^3$ )).

#### **Дослід №2**

Назва досліду: «Визначення тривалості повного змочування листків плодкових дерев»

Мета досліду: встановити тривалість змочування крони дерев яблуні в залежності від віку, площі живлення, сорту та насиченості крони листовою поверхнею.

Характеристика об'єктів досліду. Тривалість змочування – час від початку змочування до стікання дощу з листя крони дерев. Тривалість змочування залежить від показника насиченості крони листовою поверхнею, здатності листя затримувати воду та технічних характеристик дощувальної техніки.

Умови проведення досліду. Зрошення насаджень буде здійснюватися стаціонарною системою з мікродощувачами, які будуть забезпечувати дрібне розпилення зрошуваної води.

Елементи обліку:

- вік дерева;
- площа листової поверхні;
- мінімальна та максимальна кількість води на повне змочування листової поверхні, л/дерево;
- мінімальний та максимальний час на повне змочування листової поверхні, хв.

**Дослід №3** (лабораторно-польовий).

Назва досліду: «Визначити особливості водного обміну та продуктивності абрикоса за функціональним станом дерев при зрошенні».

Мета досліду: одержання вихідних даних параметрів водного обміну абрикоса для управління мікрозрошенням.

Об'єктом досліджень є процес формування функціонального стану дерев абрикоса під впливом метеорологічних елементів та систем мікрозрошення.

Предмет досліджень – параметри фізіологічних показників абрикоса при застосуванні фітомоніторингових та еколого-фізіологічних досліджень.

Схема досліду.

Варіант 1 (контроль). Природне зволоження.

Варіант 2. Управління вегетаційними поливами абрикоса від програмного пристрою з призначенням режимів зрошення за рекомендованою технологію поливу системою краплинного зрошення.

Варіант 3. Управління вегетаційними поливами абрикоса за параметрами його фізіологічного стану та метеорологічними факторами із застосуванням системи підкоронового дощування.

Елементи обліку:

- 1) фізіологічні показники: температура листків; водний режим листків: дефіцит вологи у листках та їх відносна тургесцентність; інтенсивність транспірації; індекс швидкості ксилемного потоку у стовбурі;
- 2) метеорологічні елементи: температура й вологість повітря, дефіцит водяної пари, інтенсивність сонячної радіації, випаровування з водної поверхні;
- 3) водно-фізичні показники ґрунту: температура та вологість ґрунту;
- 4) час поливу, витрати води системою підкоронового дощування, площа насаджень абрикоса під системою підкоронового дощування; зрошувальна норма;
- 5) фенологічні спостереження етапів розвитку дерев: початок вегетації, фази цвітіння, фази досягання плодів, кінець вегетації;
- 6) біометричні показники росту і розвитку дерев та облік урожаю;
- 7) економічна ефективність управління вегетаційними поливами абрикоса.

#### Дослід № 4 (лабораторно-польовий).

Назва дослід: «Визначити особливості водного обміну та продуктивності черешні за функціональним станом дерев при зрошенні».

Мета дослід: одержання вихідних даних параметрів водного обміну черешні для управління мікрозрошенням.

Об'єктом досліджень є процес формування функціонального стану дерев черешні під впливом метеорологічних елементів та систем мікрозрошення.

Предмет досліджень – параметри фізіологічних показників черешні при застосуванні фітотомоніторингових та еколого-фізіологічних досліджень.

Схема дослід.

Варіант 1 (контроль). Природне зволоження.

Варіант 2. Управління вегетаційними поливами черешні від програмного пристрою з призначенням режимів зрошення за рекомендованою технологією поливу системою краплинного зрошення.

Варіант 3. Управління вегетаційними поливами черешні за параметрами її фізіологічного стану та метеорологічними факторами із застосуванням системи підкоронового дощування.

Елементи обліку:

1) фізіологічні показники: температура листків; водний режим листків: дефіцит вологи у листках та їх відносна тургесцентність; інтенсивність транспірації; індекс швидкості ксилемного потоку у стовбурі;

2) метеорологічні елементи: температура й вологість повітря, дефіцит водяної пари, інтенсивність сонячної радіації, випаровування з водної поверхні;

3) водно-фізичні показники ґрунту: температура та вологість ґрунту;

4) час поливу, витрати води системою підкоронового дощування, площі насаджень черешні під системами підкоронового дощування; зрошувальна норма;

5) фенологічні спостереження етапів розвитку дерев: початок вегетації, фази цвітіння, фази досягання плодів, кінець вегетації;

6) біометричні показники росту і розвитку дерев та облік урожаю;

7) економічна ефективність управління вегетаційними поливами черешні.

Усі вимірювання будуть виконуватися на модельних деревах черешні кожного варіанта в трикратній повторності.

Обробка отриманих даних проводилася методами математичної статистики за допомогою пакету програм на персональному комп'ютері.

### **3.3. Результати досліджень**

#### **3.3.1 Аналіз динаміки зміни архітекtonіки крони дерева**

За даними багатьох джерел розмір та структура крон дерев є важливими факторами, що визначають урожай та якість плодів, а при зрошенні тільки крони дерева впливатимуть на технологію зрошення. Тому необхідно встановити залежності зміни біометричних показників за віком. Крона має свої біометричні показники, які залежать від плодової культури, схеми садіння, сорту, системи формування крони, віку.

Тому для тривалості повного змочування крони дерева визначені: зміни площі проекції крони; об'єму крони, площі листової поверхні з віком дерев в залежності від сорту, схеми садіння та способи формування крони.

### Зміни площі проекції крони дерев

Методикою досліджень було передбачено встановлення залежностей насиченості крони дерев яблуні листовою поверхнею від віку дерев. Для чого необхідно знати зміни площі проекції крони дерев (рис.3.1)



Рисунок 3.1 – Проекція крони дерева на горизонтальну поверхню.

Залежності зміни площі проекції крони дерев сорту Айдаред в залежності від форми крони наведені на рисунку 3.2.

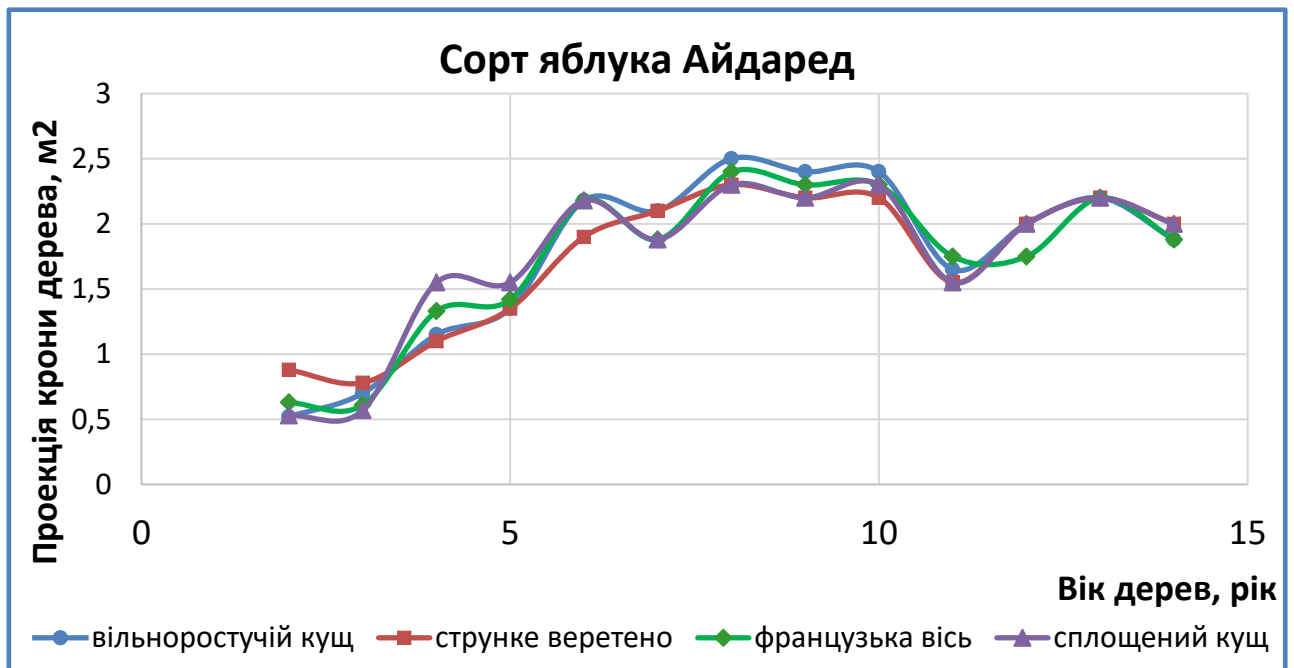


Рисунок 3.2 –Вікові зміни проекції площі крони яблуні сорту Айдаред в залежності від форми крони.



Залежності зміни площі проекції крони дерев сорту Голден Делішесвід форми крони наведені на рисунку 3.3.

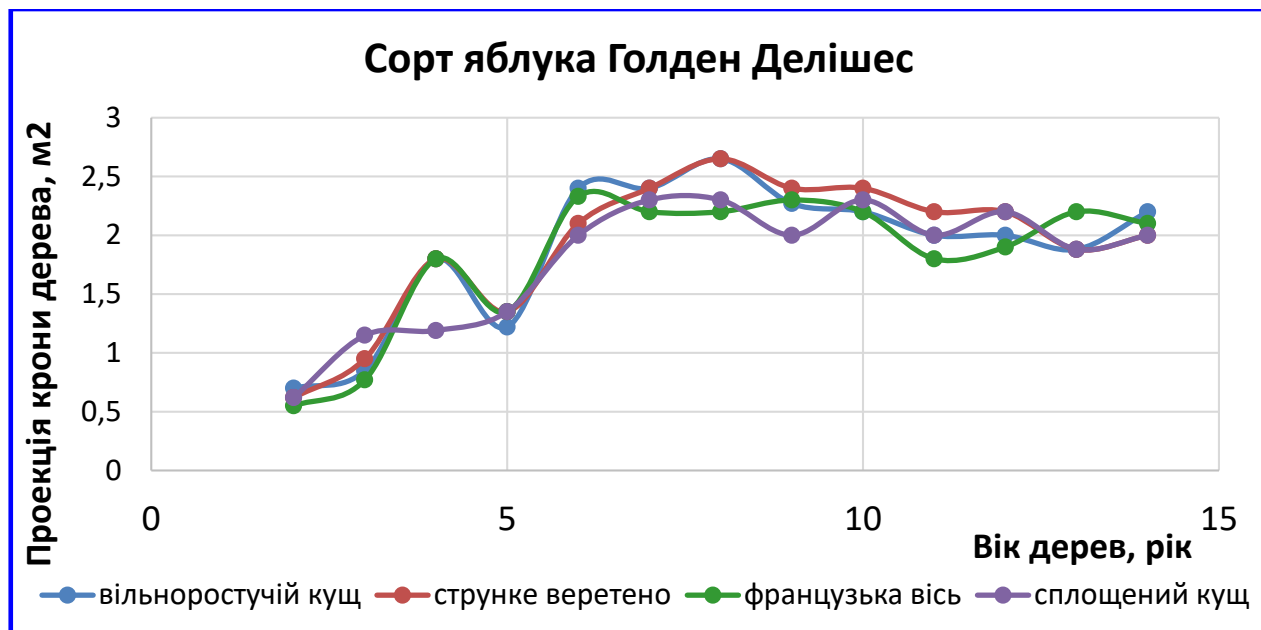


Рисунок 3.3 –Вікові зміни проекції площі крони яблуні сорту ГолденДелішес в залежності від форми крони дерев.

Залежності зміни площі проекції крони дерев сорту Ренет Симиренка від форми крони наведені на рисунку 3.4.

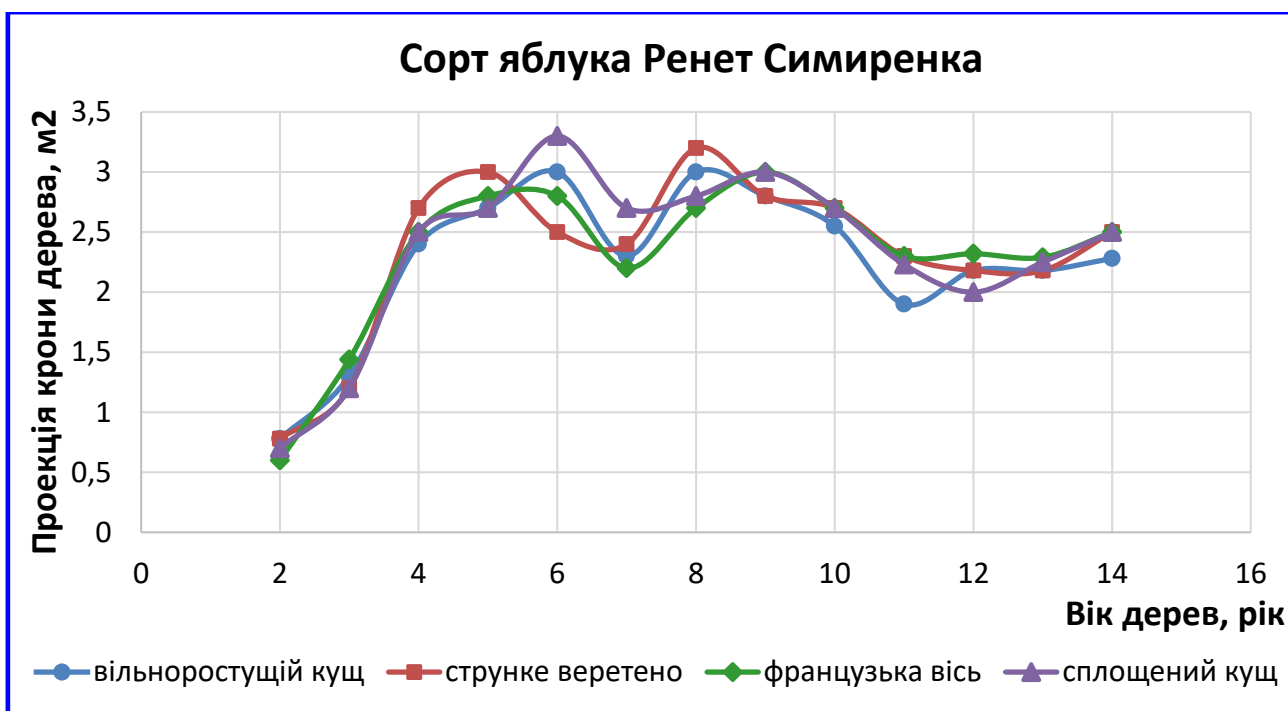


Рисунок 3.4 –Вікові зміни проекції площі крони яблуні Ренет Симиренка в залежності від форми крони.

Аналізуючи графіки динаміки площі проекції крони яблуні за віком по трьох сортах при чотирьох різних системах формування крони встановлено, що на зміну площі проекції найбільше впливає вік, а потім сортові ознаки.

Спосіб формування крони не є впливовим фактором. З початку вегетації до кінця вегетації нівелюється і приймає сортові риси.

Тривалість процесу змочування листової поверхні крони плодкових дерев залежить від такого біометричного показника, як об'єм крони, а вона з віком змінюється. Тому, виникає необхідність встановлення динаміки зміни об'єму крони в залежності відвіку дерева.

### Зміни площ об'єму крони дерев

Залежності зміни об'єму крони дерев сорту Айдаред від форми крони наведені на рисунку 3.5.

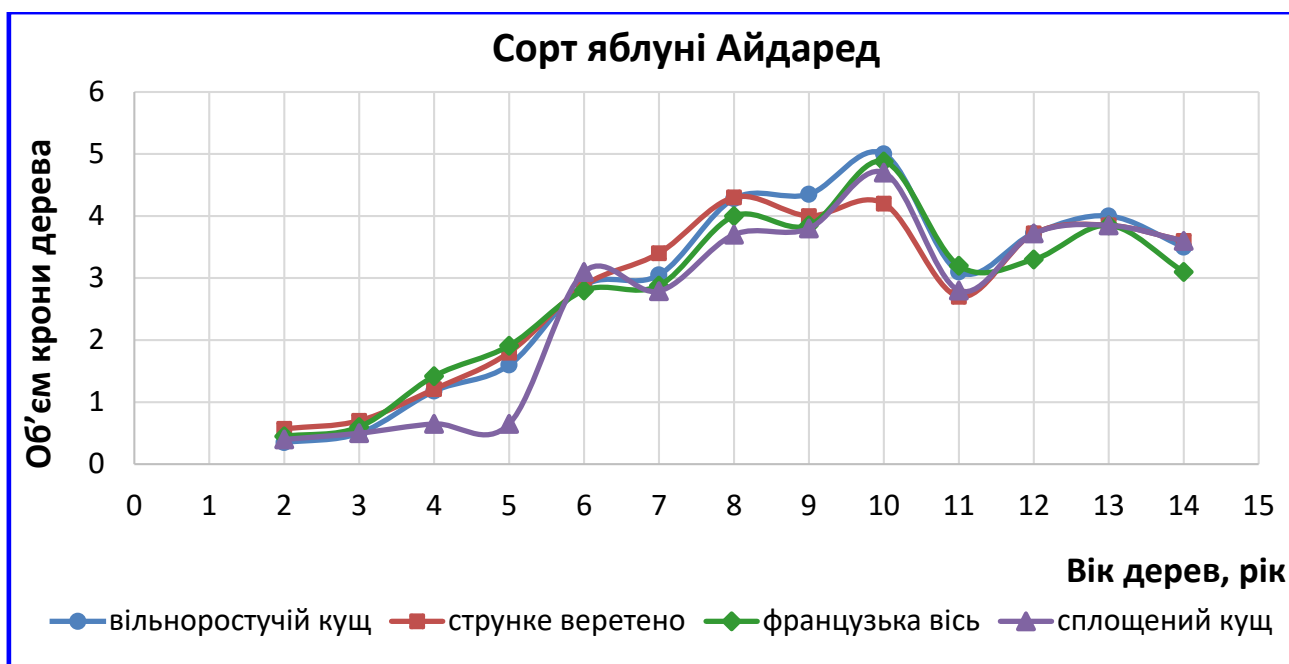


Рисунок 3.5 – Вікові зміни об'єму крони яблуні сорту Айдаред в залежності від форми крони.

Залежності зміни об'єму крони дерев сорту Голден Делішес від форми крони наведені на рисунку 3.6.

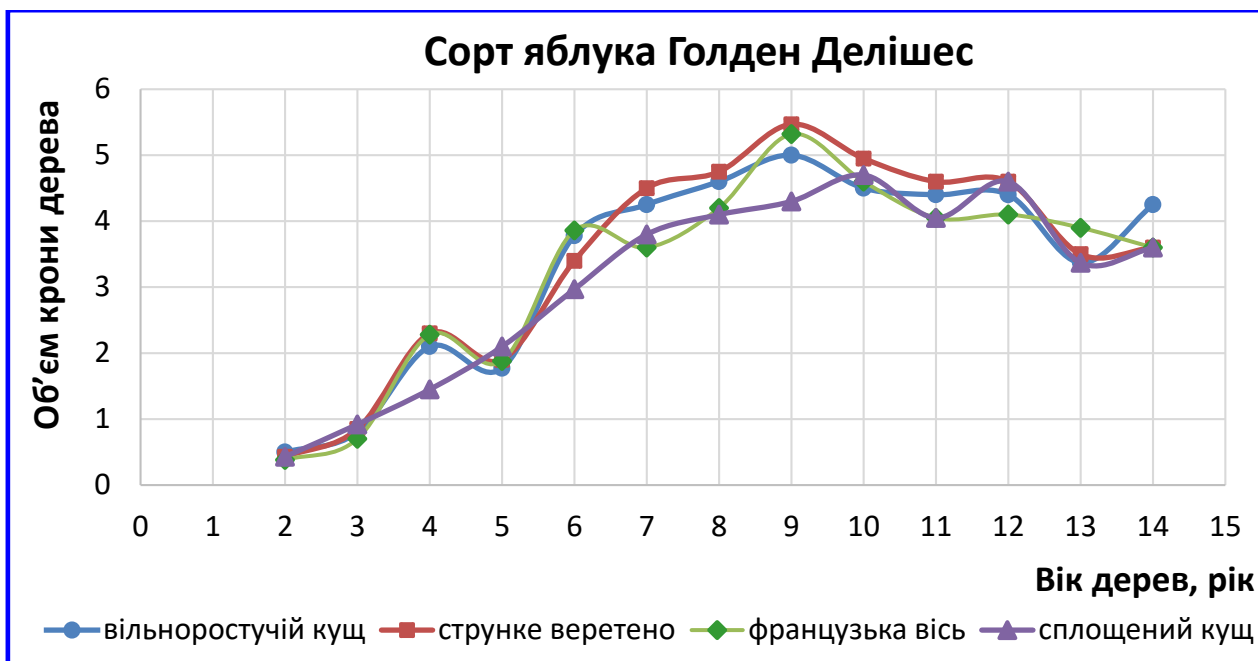


Рисунок 3.6 – Вікові зміни об'єму крони яблуні сорту Голден в залежності від форми крони.

Залежності зміни площі проекції крони дерев сорту Ренет Симиренка від форми крони наведені на рисунку 3.7.

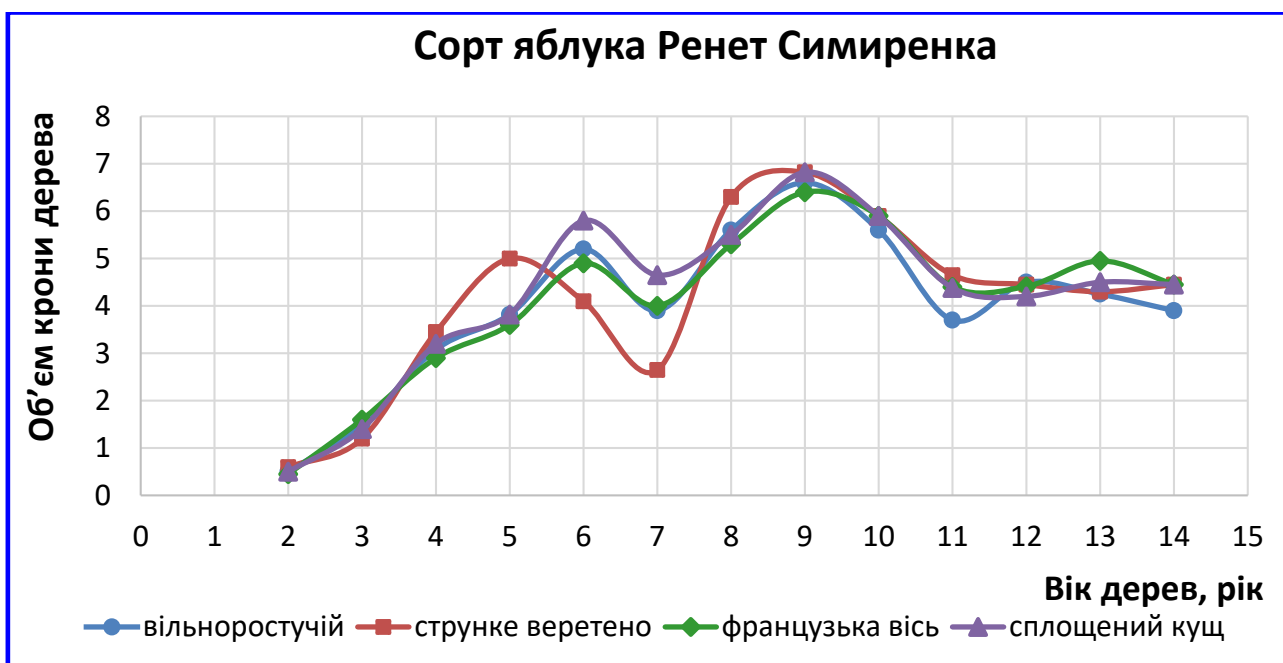


Рисунок 3.7 – Вікові зміни об'єму крони яблуні сорту Ренет Симиренка в залежності від форми крони.

Аналізуючи графіки зміни об'єму крони з віком по трьох сортах при чотирьох різних системах формування крони встановлено, що на зміну об'єму найбільше впливає вік, потім сорт, а системах формування крони к кінцю вегетації нівелюється і приймає сортові ознаки. Відхилення від плавної зміни площі проекції та об'єму крони в деякі роки пов'язане з впливом умов навколишнього середовища та чуттєвістю дерев до цього впливу.

При зрошенні тільки листової поверхні крони дерева кількість води, а з неутриваліст'ю процесу змочування також будуть залежати від площі листової поверхні крони дерева. Тому, виникає необхідність встановлення динаміки зміни площі листової поверхні крони дерева в залежності від віку дерева.

### Зміни площі листової поверхні крони дерев

Залежності зміни площі проекції крони дерев сорту Айдаред від форми крони наведені на рисунку 3.8.

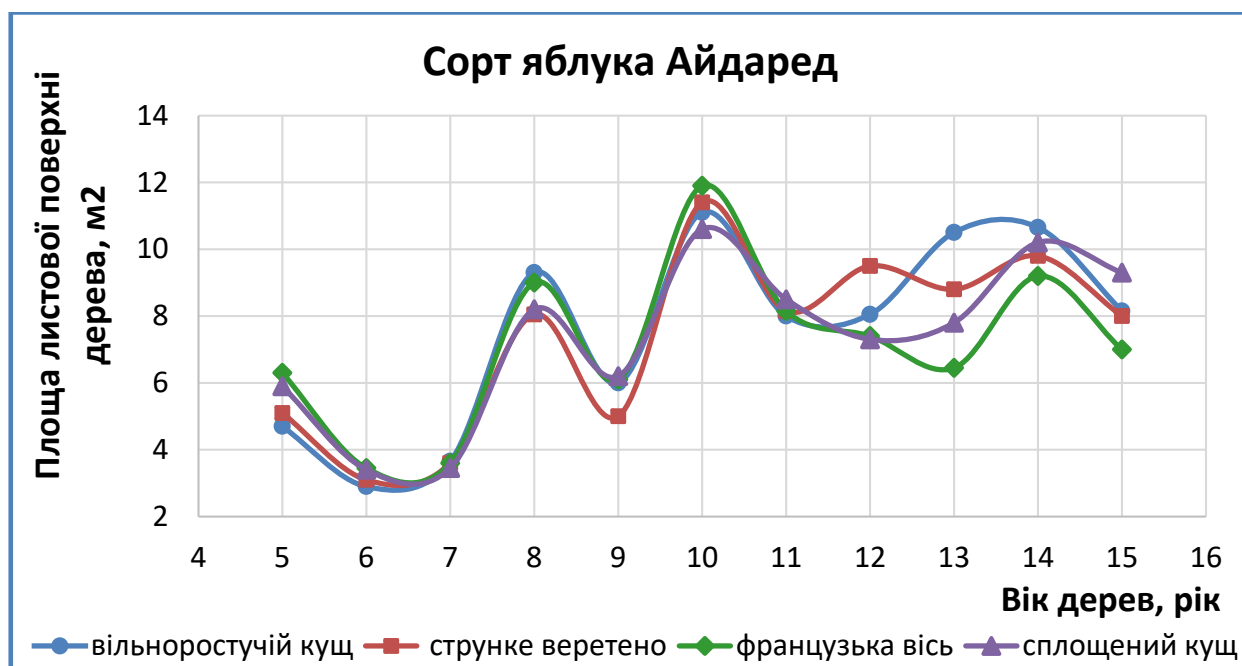


Рисунок 3.8 – Вікові зміни площі листової поверхні яблуні сорту Айдаред в залежності від форми крони.

Залежності зміни площі проекції крони дерев сорту Голден Делішес від форми крони наведені на рисунку 3.9.

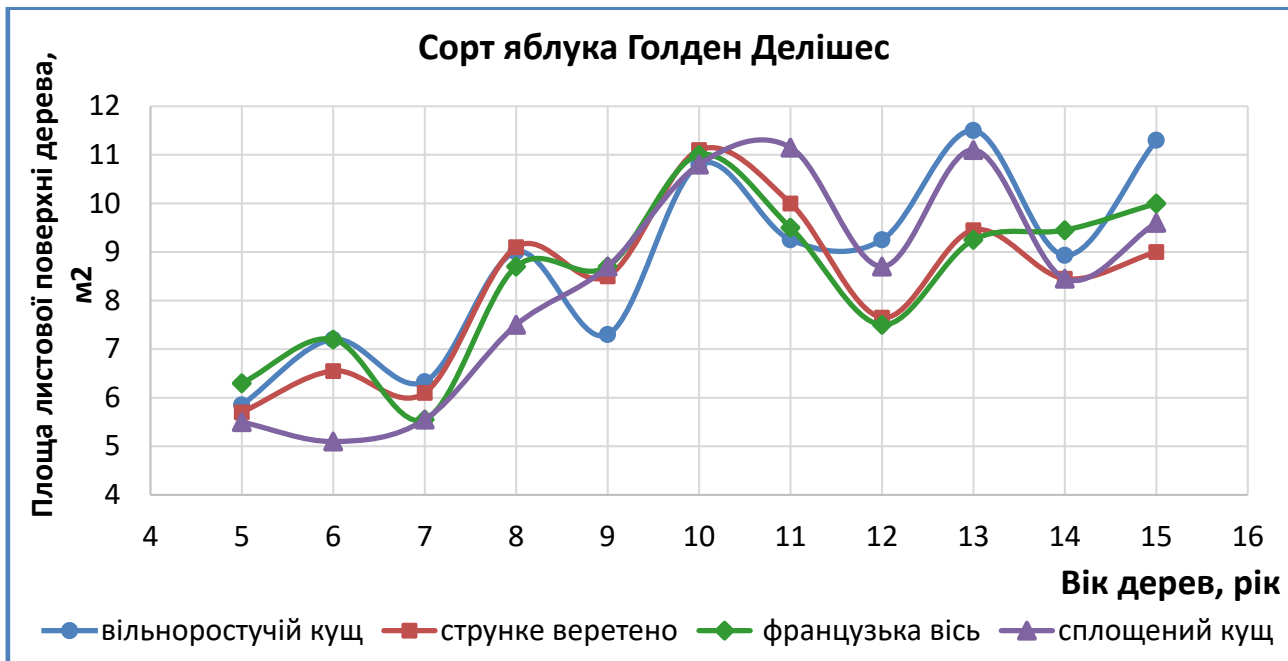


Рисунок 3.9 – Вікові зміни площі листової поверхні яблуні сорту Голден Делішес в залежності від форми крони.

Залежності зміни площі проекції крони дерев сорту Ренет Симиренка в залежності від форми крони наведені на рисунку 3.10.

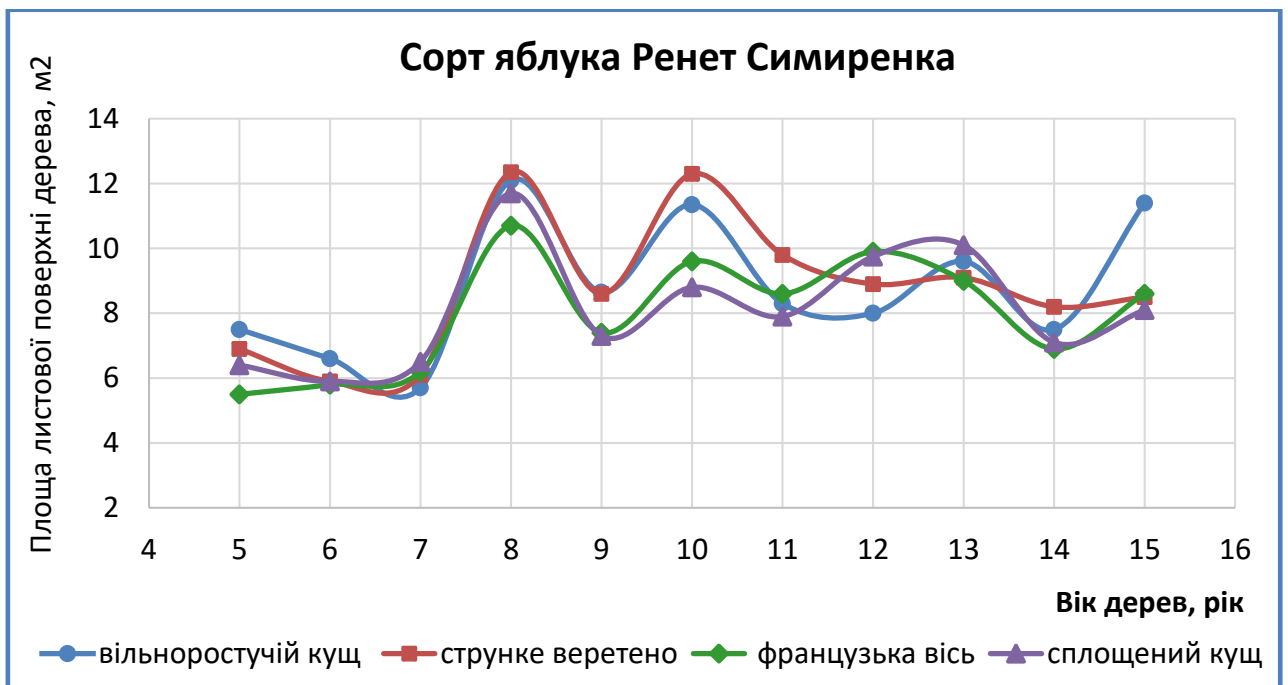


Рисунок 3.10 – Вікові зміни площі листової поверхні яблуні сорту Ренет Симиренка в залежності від форми крони.

Із аналізу графіків динаміки зміни площі листової поверхні крони за віком по трьох сортах при чотирьох різних системах формування крони встановлено, що на зміну площі листової поверхні найбільше впливає вік, потім сорт, а також в окремі роки система формування крони.

Таким чином, дослідженнями були встановлені залежності зміни біометричних показників з віком, які впливають на тривалість часу повного змочування листової поверхні крони дерева.

### **3.3.2 Вибір мікродошувачів і їх розміщення в кронах дерев**

Мікродошувачі являють собою пристрої з пластика, які розпилюють воду спеціальним обертовим розпилювачем по колу.

Ідеальним варіантом вважається полив мікродошувачами, які підвішені, а не встановлені на стійці, що значно знижує кількість пошкоджень системи поливу. Полив мікродошувачами дозволяє значно економити воду і електрику, оскільки їх витрата буде збільшуватися одночасно зі зростанням рослини, не витрачаючись даремно.

Значний вплив на тривалість часу повного змочування листової поверхні крони дерева має технічна характеристика системи зрошення, яка залежить від технічних характеристик насадок та їх розміщення на трубопроводі.

Було проведено дослідження щодо вибору насадок для системи, які б забезпечували такі параметри дощу: дрібнодисперсність дощу, рівномірність поливу, робочий тиск від 0,1 до 0,2МПа.

Для забезпечення таких параметрів необхідно визначити типи добувачів. Оскільки було прийнято до застосування 2 дошувачі з нижнім розпилом і з верхнім, то потрібно визначити їх оптимальний тип по декільком критеріям.

#### **Вибір технічного об'єкту із множини альтернатив.**

Застосовуємо аналітичний метод вибору оптимального варіанту дошувачів із множини альтернатив.

Прийняття рішення щодо вибору будь якого об'єкту із сформованої множини варіантів супроводжується двома такими процесами:

1) Визначення мети, якою враховуються побажання того хто приймає рішення щодо переваг до об'єкту вибору;

2) пошуком рішення.

В теорії прийняття рішень існують різні методи [14] існують методи де зазначені процеси відбуваються або послідовно, або паралельно

До таких методів належать:

а) *методи з послідовною схемою прийняття рішень:*

- механізм домінування [14],
- сімейство механізмів вибору ефективних альтернатив);
- методи з паралельною схемою прийняття рішень [15],

б) *методи з паралельною схемою прийняття рішень:*

- адитивна (середньоарифметична) згортка критеріїв [16, 17],
- мультиплікативна ( середньгеометрична) згортка критеріїв (за Л. Керрол),
- часова згортка критеріїв,
- сімейство геометричної згортки критеріїв (за А. Чарсном і У. Куппером)

У роботі [18] доведено, що найбільш придатним методом для вибору технічних об'єктів в сільському господарстві є сімейство геометричних згорток критеріїв, де мета повинна бути формалізована у вигляді «ідеальної» альтернативи, а в якості цільової функції буде відстань між ідеальною  $X^{id}$  альтернативою та тією, що розглядається.

Алгоритм вибору є таким:

- формують множину альтернативних варіантів об'єкту вибору  $X_i$ ,  $i = \overline{1, m}$ ;
- визначають властивості (критерії оцінювання  $f_j$  в натуральних одиницях)

по кожному альтернативному варіанту  $A_j$ ,  $j = \overline{1, n}$  і заносять до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Утворення безрозмірної шкали значень цільової функції  $\varphi(x_i)$ .

Альтернативи	Властивості						$\varphi(x_i)$
	A <sub>1</sub>		A <sub>j</sub>		A <sub>n</sub>		
	Критерії						
	$f_l$	$\hat{f}_l$	$f_j$	$\hat{f}_j$	$f_n$	$\hat{f}_n$	
X <sub>1</sub>	$f_{1l}$	$\hat{f}_{1l}$	$f_{1j}$	$\hat{f}_{1j}$	$f_{1n}$	$\hat{f}_{1n}$	$\varphi_{1n}$
X <sub>i</sub>	$f_{il}$	$\hat{f}_{il}$	$f_{ij}$	$\hat{f}_{ij}$	$f_{in}$	$\hat{f}_{in}$	$\varphi_{in}$
X <sub>m</sub>	$f_{ml}$	$\hat{f}_{ml}$	$f_{mj}$	$\hat{f}_{mj}$	$f_{mn}$	$\hat{f}_{mn}$	$\varphi_{mn}$
f <sup>-</sup>	$f_{l\min}$	-	$f_{j\min}$	-	$f_{n\min}$	-	
f <sup>+</sup>	$f_{l\max}$	-	$f_{j\max}$	-	$f_{n\max}$	-	
X <sup>+</sup> , X <sup>-</sup>	X <sup>ид</sup>	$f_{l\text{exst}}$	1	$f_{j\text{exst}}$	1	$f_{n\text{exst}}$	1

- по кожному критерію визначають бажаний напрямок зміни його значення (min, max);

- виконують процедуру нормування по кожному критерію за формулою:

$$\hat{f}_j(x_i) = \begin{cases} \frac{(f_j(x_i) - f_j^-)}{(f_j^+ - f_j^-)}, \text{ якщо } f_j \rightarrow \max \\ \frac{(f_j^+ - f_j(x_i))}{(f_j^+ - f_j^-)}, \text{ якщо } f_j \rightarrow \min, \end{cases} \quad (3.1)$$

а результати нормування заносять до таблиці 2.1;

- визначають межі допустимих значень по кожному критерію, а результати заносять до таблиці 2.1:

$$\begin{aligned} f^- &< |f_j(x_i) - \mu|, \\ f^+ &> |f_j(x_i) + \mu|, \end{aligned} \quad (3.2)$$

де  $\mu$  - довільне число, що не порушує лінійність критеріального ряду;

- значення цільової функції  $\varphi(x_i)$  визначається по кожній X<sub>i</sub>-й альтернативі у відповідності до формули:



$$\varphi(x_i) = \sum_{j=1}^n \left| \hat{f}_j(x_i) - f_j(x^{ид}) \right| \rightarrow \min \quad (3.3)$$

де  $0 \leq f_j(x_i) \leq 1$

- значення цільової функції  $\varphi(x_i)$ , що визначає метрику (функцію відстані) між «ідеальною» альтернативою і значенням:

$$\left[ \left| 1 - \hat{f}(x_i) \right|, x^{ид} \right] \rightarrow \min \quad (3.4)$$

тобто інтервал  $[x_j^{ид}, \varphi_i]$ , а найменша величина відстані відповідає оптимальній альтернативі.

### **Результати розрахунку вибору типу мікродощувачів.**

Використаємо даний метод прийняття рішення щодо вибору варіанту мікродощувача для системи надкранового багатofункціонального щоденного дрібнодисперсного дощування плодovих культур.

Для вибору оптимального варіанту мікродощувача з множини альтернатив прийнято такі параметри і межі їх значень:

- площа поливу – від 3,14 до 7м<sup>2</sup>;
- витрати води – від 20 до 80 л/год.;
- робочий тиск – від 0,1 до 0,5 МПа;
- розмір крапель – від 200 до 250 мкм.
- оптова ціна – від 2 до 7 грн./шт.

Відповідно до наведених параметрів сформовано таблицю 3.2.

Вибір найкращої альтернативи  $X^*$  визначимо з умови максимального наближення до ідеалу по формули (2.4). Діалогове вікно програми «Вибір» розрахунку вибору ідеального варіанту з множини альтернатив наведено на рисунку 3.11.

Таблиця 3.2

Параметри дійсних значень із альтернативних варіантів мікродошувачів.

Назва мікро- дошувача	Параметри					
	площа поливу, м <sup>2</sup>	витрати води, л/год.	робочий тиск, МПа	інтенсив- ність дощу, мм/хв.	розмір крапель дощу, мкм	оптова ціна, грн./шт
Pal Mini Sprayer 360°	5,5	40	0,1	0,09	250	2,5
MJ1135.0181 «Вінтік» 360	10,5	60	0,15	0,09	260	3,4
Antelko Single Piece Jet 360°	6,1	35	0,15	0,1	280	6,2
MJ 1603	8	60	0,2	0,1	350	7
Presto MJ1402B «Маяк»	5,3	90	0,15	0,15	250	3,2
Presto MS- 8060 «Колібрі»	7	70	0,2	0,1	350	6,8
Д-005	3,5	20	0,15	0,09	200	1,8
f	3	20	0,1	0,05	200	1
f <sup>+</sup>	12	90	0,5	0,1	350	7
x <sup>+</sup> , x <sup>-</sup>	X <sup>ід</sup>	min	min	max	min	min

У нашому випадку необхідно обрати 2 мікродошувачі: для обприскування дерева над кроною і в середні крони, таким чином забезпечити повне змочування крони дерева.

Найкращою альтернативою буде варіант № 7, де  $X^* = x_7$ , так як:

$$\varphi_1(x_7) = \max \{\varphi_1(x_i)\} = 1,4.$$

Другою альтернативою обираємо найближчий до ідеального значення - варіант №1, для якого  $X^* = x_1$ , так як:

$$\varphi_1(x_1) = \max \{\varphi_1(x_i)\} = 1,79$$

Обраним варіантам відповідають такі типи мікродошувача:

1) варіант №7 – відцентрово-гвинтового типу Д-005 з витратою води 20 л/год при робочому тиску 0,15-0,6 МПа, інтенсивність дощу 0,09 мм/хв, розмір крапель 200 мкм;

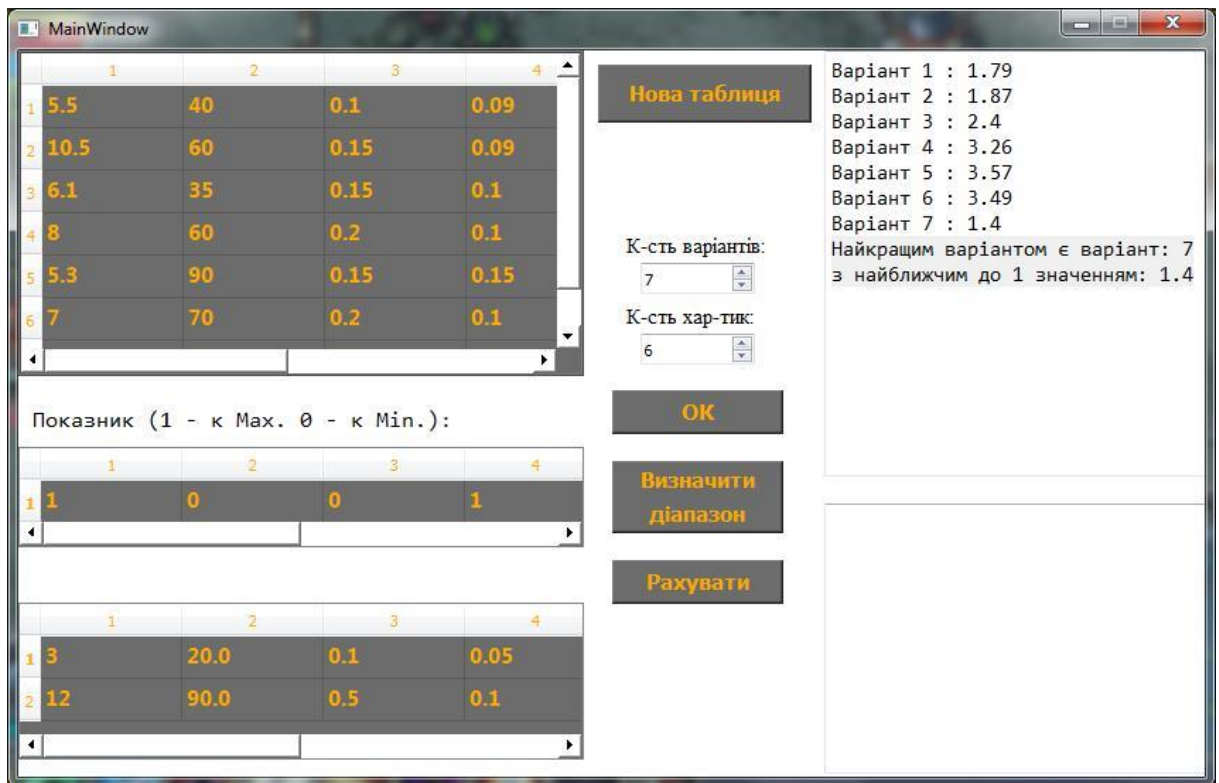


Рисунок 3.11 – Діалогове вікно програми «Вибір», яка розроблена на кафедрі СГМ ТДАТУ.

2) варіант №1 – дефлекторного типу PalMiniSprayer 360<sup>0</sup> з витратою води 40 л/год при робочому тиску 0,1 МПа, інтенсивність дощу 0,09 мм/хв, розмір крапель 200 -250 мкм та обґрунтовано варіанти їх розміщення на трубопроводі.

Виходячи із проведених досліджень розроблено дві схеми системи дощування:

1) з розміщенням трубопроводу в середині крони (рис. 3.12), при цьому дефлекторний мікродощувач за допомогою трубки  $\varnothing$  6 мм розміщають над кроною дерева;

2) з розміщенням трубопроводу над кроною дерева (рис. 3.13).

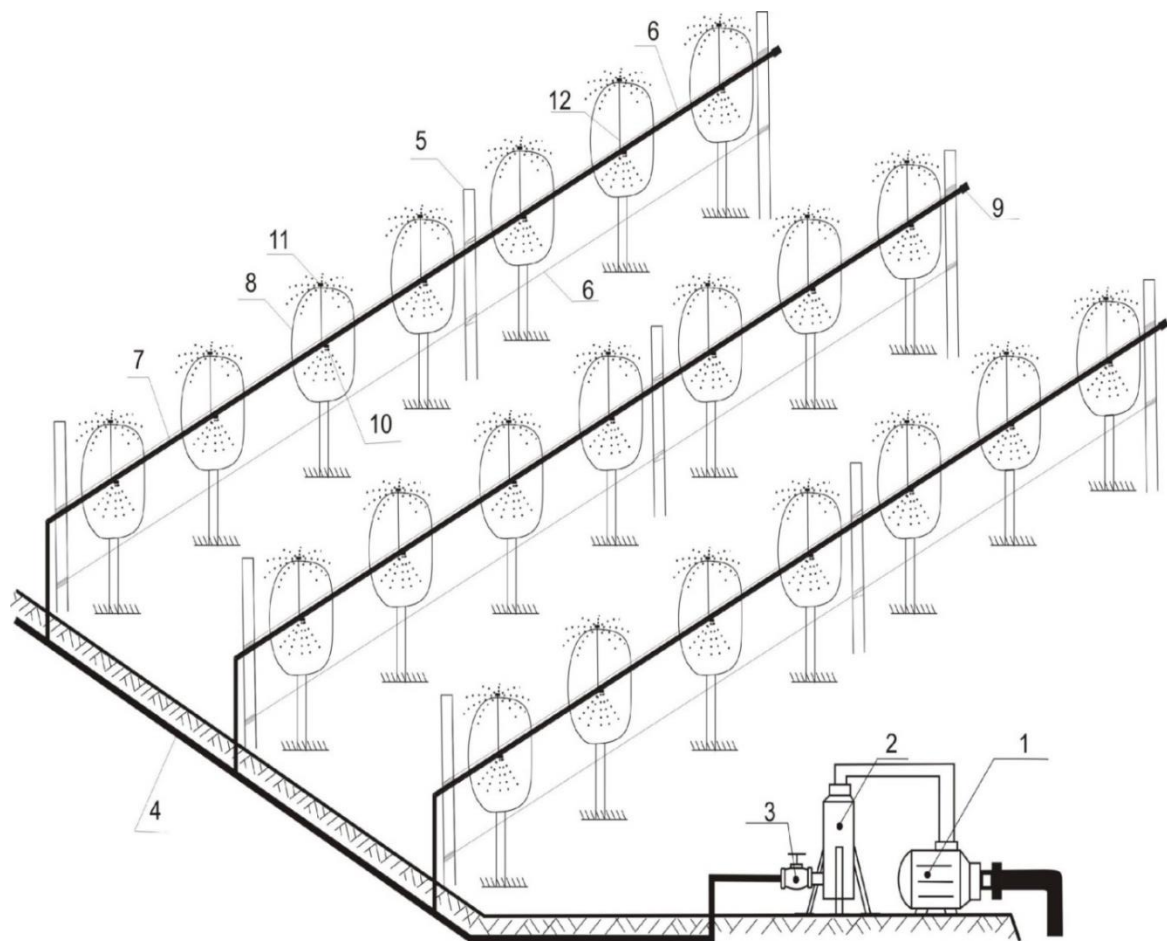


Рисунок 3.12 – Схема розміщення трубопроводу в середині крони, а  
мікродощувачів в середині крони і над кроною:

- 1 – насос, 2 – фільтр, 3 – кран, 4 – магістральний трубопровід, 5 – залізобетонний стовп, 6 – проволока, 7 – розподільчий трубопровід, 8 – дерево, 9 – заглушка, 10 – мікродощувач відцентрово-гвинтового типу (Д-005), 11 – мікродощувач дефлекторного типу (PalMiniSprayer 360), 12 – трубка 6мм для мікродощувачів.

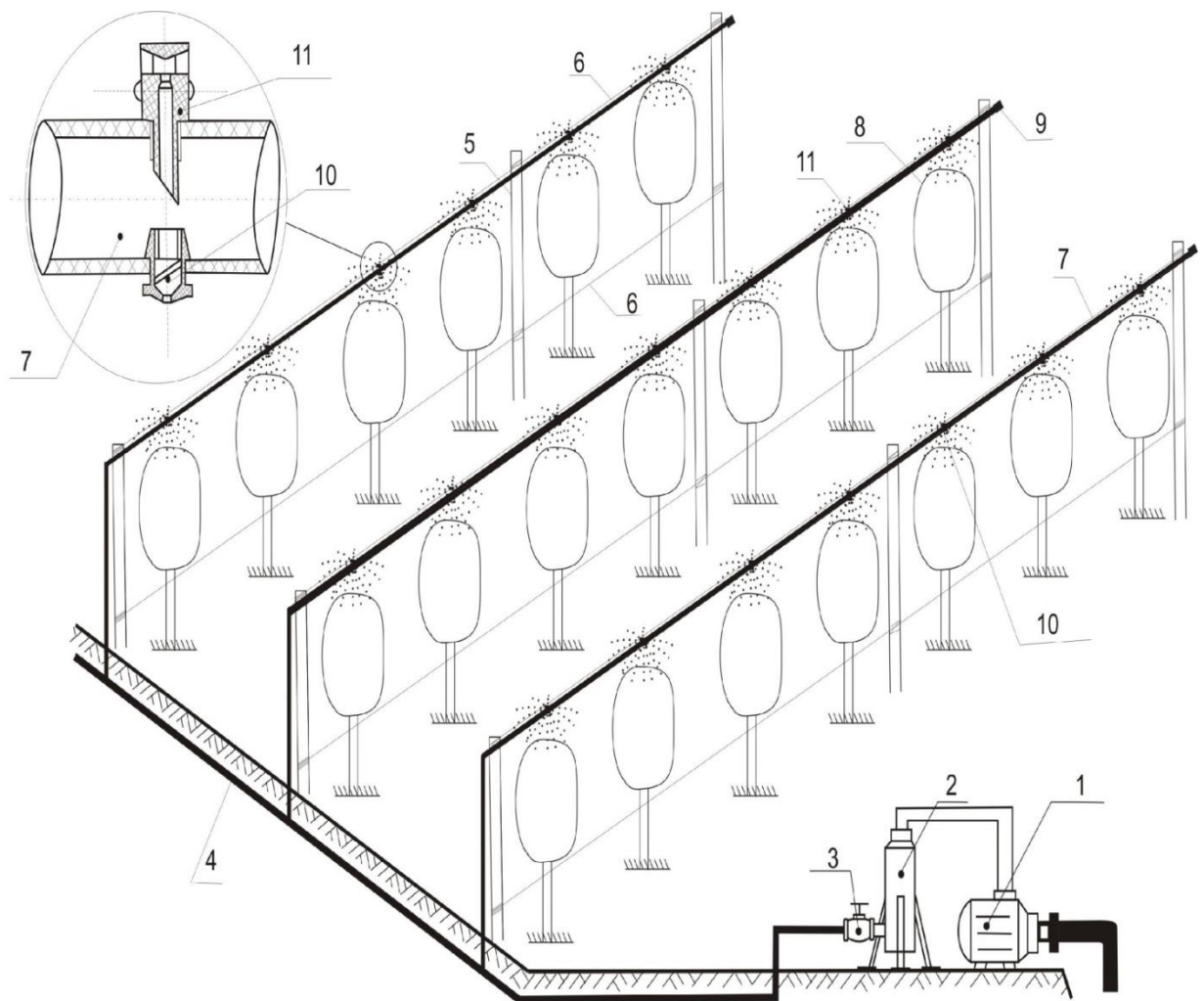


Рисунок 3.13 – Схема розміщення трубопроводу і мікродошувачів над кронами дерев:

- 1 – насос, 2 – фільтр, 3 – кран, 4 – магістральний трубопровід, 5 – залізобетонний стовп, 6 – проволока, 7 – розподільчий трубопровід, 8 – дерево, 9 – заглушка, 10 – мікродошувач відцентрово-гвинтового типу (Д-005), 11 – мікродошувач рефлекторного типу (PalMiniSprayer 360).

### **3.3.3 Застосування фенокліматографічних моделей для встановлення періоду найбільшої потреби рослин у волозі**

Відомо, що функціональна діяльність плодкових рослин суттєво залежить від температурних умов навколишнього середовища [22]. З метою призначення поливів кісточкових культур у період найбільшої потреби у волозі, а саме за два тижня до знімальної стиглості плодів у дослідженнях використовувалися фенокліматографічні моделі, вхідними параметрами яких є екстремальні (мінімальна й максимальна) температури повітря.

Застосовуючи фенокліматографічні CU- та ASYMCUR-моделі, було розраховано ці дати, які відповідають кількісному накопиченню енергії деревами на відповідному етапі їх розвитку.

На початковому етапі досліджень за допомогою фенокліматографічних моделей та статистичного методу найменших стандартних відхилень [23] від максимального накопичення градусо-годин росту (ГГР) для фіксованого значення одиниць охолодження (ОО) встановлено його постійне граничне значення, яке необхідно для виходу дерев абрикоса та черешні із стану спокою. За середнім значенням ГГР за обраний період обчислення ОО розраховано постійне граничне значення ГГР, накопичення якого потрібне для початку цвітіння абрикоса та черешні, що відповідає 100% ГГР. Для досягання плодів деревам абрикоса сорту Мелітопольський лучистий необхідно накопичити 29409°C ГГР, а черешні сорту Крупноплідна – 24078°C ГГР. Отримані граничні значення фенокліматографічних показників абрикоса та черешні представлено у табл. 3.3. Від точності визначення цих дат залежить своєчасний початок проведення зрошення плодкових насаджень і, внаслідок цього, своєчасне забезпечення рослин вологою. Тому фенокліматографічні моделі потребують проведення оцінювання на точність, надійність та репрезентативність.

Таблиця 3.3

## Граничні значення фенокліматографічних показників кісточкових культур

Назва показника	Найменування етапу розвитку	Культура, сорт	Граничні значення, °С
Накопичення деревами ОО у стані біологічного спокою (осінньо-зимовий період)	Початок виходу дерев зі стану біологічного спокою	<i>Абрикос</i>	940 ± 4
		Мелітопольський лучистий <i>Черешня</i> Крупноплідна	1350 ± 4
Накопичення ГГР після їх виходу зі стану біологічного спокою (зимово-весняний період)	Початок цвітіння дерев	<i>Абрикос</i>	3725 ± 23
		Мелітопольський лучистий <i>Черешня</i> Крупноплідна	4839 ± 25
Накопичення ГГР після їх виходу зі стану біологічного спокою (весняно-літній період)	Початок знімальної стиглості плодів	<i>Абрикос</i>	29409 ± 118
		Мелітопольський лучистий <i>Черешня</i> Крупноплідна	24078 ± 115

Результати оцінювання (валідації) моделей, виконаної порівнянням розрахованих прогнозованих дат початку цвітіння з фактичними, які отримано за даними спостережень фенофази цвітіння всіх кісточкових культур у саду дозволили встановити, що розбіжність дат становить від 0 до 2 днів, яка не суперечить висновкам щодо репрезентативності фенокліматографічних моделей [24]. Відзначимо, що CU- і ASYMCUR-моделі тісно пов'язані між собою, тому що одразу після встановлення дати виходу з біологічного спокою визначається дата цвітіння. За вищевикладеним можна дійти висновку, що обидві фенокліматографічні моделі є досить точними й надійними.

Отже, для досягнення мети досліджень, спираючись на встановлені постійні граничні значення ОО та ГГР, за допомогою фенокліматографічного методу можна прогнозувати календарні дати виходу абрикоса й черешні зі стану біологічного спокою, початку цвітіння, а також терміну проведення поливів у найбільш критичний період потреби кісточкових культур у волозі,

враховуючи екстремальні температури метеорологічних даних кожного конкретного року.

### **3.3.4 Вивчення функціонального стану дерев кісточкових культур та визначення його закономірностей за різних умов навколишнього середовища**

Вивчення функціонального стану абрикоса й черешні за різних умов навколишнього середовища дозволить простежити водообмін рослин, точно виявити виникнення в рослинах водного дефіциту, що надасть можливість для своєчасного проведення поливів кісточкових культур та забезпечить раціональне використання зрошувальної води в зоні їх вирощування у кліматичних умовах Південного Степу України.

За вегетаційних періодів терміну досліджень, дотримуючись методології фітомоніторингу, в автоматизованому режимі проводили щоденну безперервну реєстрацію градієнту температур від термопар датчиків ксилемного потоку у стовбурах дерев абрикоса й черешні. За добовими ритмами індексу швидкості ксилемного потоку у стовбурах дерев виявлено закономірності його динаміки та встановлено основні інформативні точки. Характерний добовий ритм індексу швидкості ксилемного потоку у штабмі дерев на фоні сонячної радіації наведено на рис.3.14.

За основним показником фітомоніторингу (величиною значень індексу швидкості ксилемного потоку) встановлено час виникнення в рослині водного дефіциту, а саме тоді, коли відношення величини передсвітанкового індексу ксилемного потоку (точка  $V_{пр.}$ ) до денного (точка  $V_{дн.}$ ) дорівнює або більше за одиницю. Зауважимо, що навіть при оптимальному рівні зволоження ґрунту дерева можуть відчувати водний дефіцит. Індекс швидкості висхідного водного току у стовбурі максимального значення (точка  $V_{max дн.}$ ) набував вранці близько сьомої години.



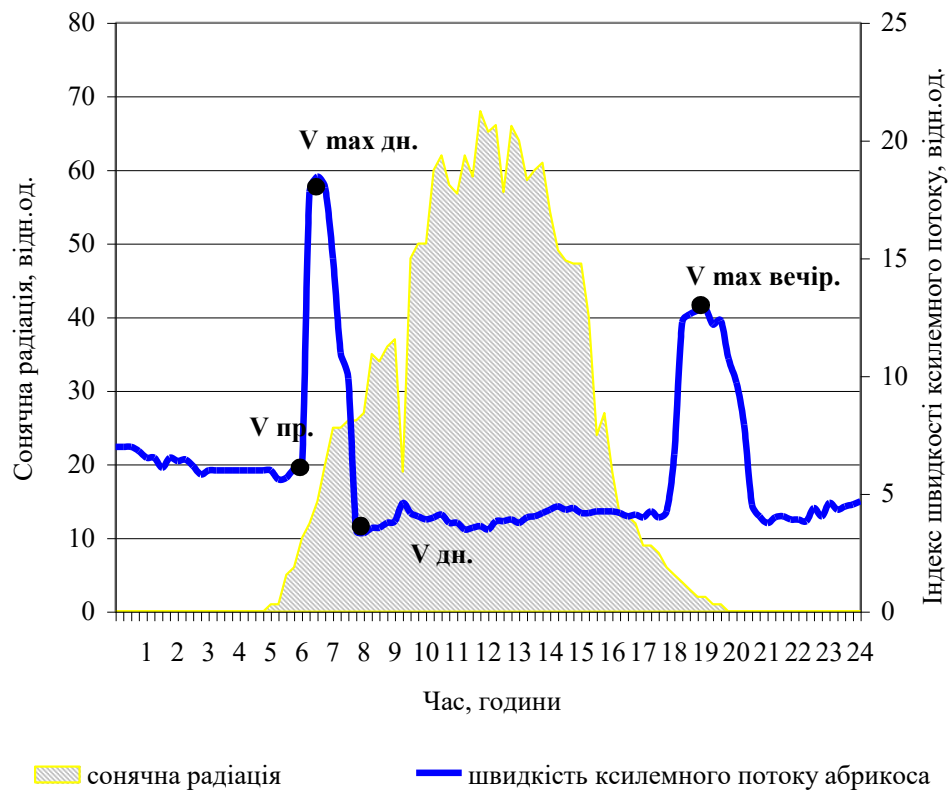


Рисунок 3.14 – Добовий ритм індексу швидкості ксилемного потоку у стовбурі дерева

Саме у цей час інтенсивність сонячної радіації зростає, що обумовлює відповідний рівень інтенсивності транспірації листків дерев. До цього моменту витрати вологи рослиною поповнювалися, як з ґрунту, так і з резервуара стовбура. Потім починається зменшення діаметра штамбу, за якої опірність водному току з резервуара стовбура стає меншою, ніж опірність потоку вологи з ґрунту. Близько восьмої години рівень індексу швидкості ксилемного потоку різко знижується (точка  $V_{\text{дн.}}$ ). З подальшим збільшенням інтенсивності транспірації витрати води рослиною перевищують її надходження з ґрунту, а процес водопостачання підтримується із запасів вологи стовбура аж до моменту досягнення максимального значення індексу ксилемного потоку у вечірній час доби (точка  $V_{\text{max.вечір.}}$ ). Проміжок часу між ранковими та вечірніми максимальними значеннями індексу ксилемного потоку вказує на дисбаланс водного обміну рослин, коли витрати ними вологи перевищують її

надходження з ґрунту, тобто за денного часу доби при напружених метеорологічних умовах плоді дерева відчувають водний дефіцит.

Отже, тривалість водного дисбалансу у стовбурі дерев визначається як час між денним та вечірнім максимумами індексу ксилемного потоку. Після вечірнього максимуму зменшується транспірація, тим самим скорочуються витрати вологи зі стовбура, а вже менш інтенсивні витрати вологи рослиною доповнюють її надходженням з ґрунту за умови оптимальної вологості ґрунту. Далі після заходу сонця індекс ксилемного потоку знижується до відповідного рівня, щодо умов навколишнього середовища.

Динаміку характерних точок добових змін індексу швидкості ксилемного потоку у стовбурі протягом вегетаційного періоду за різних метеорологічних умов наведено на рис.3.15.

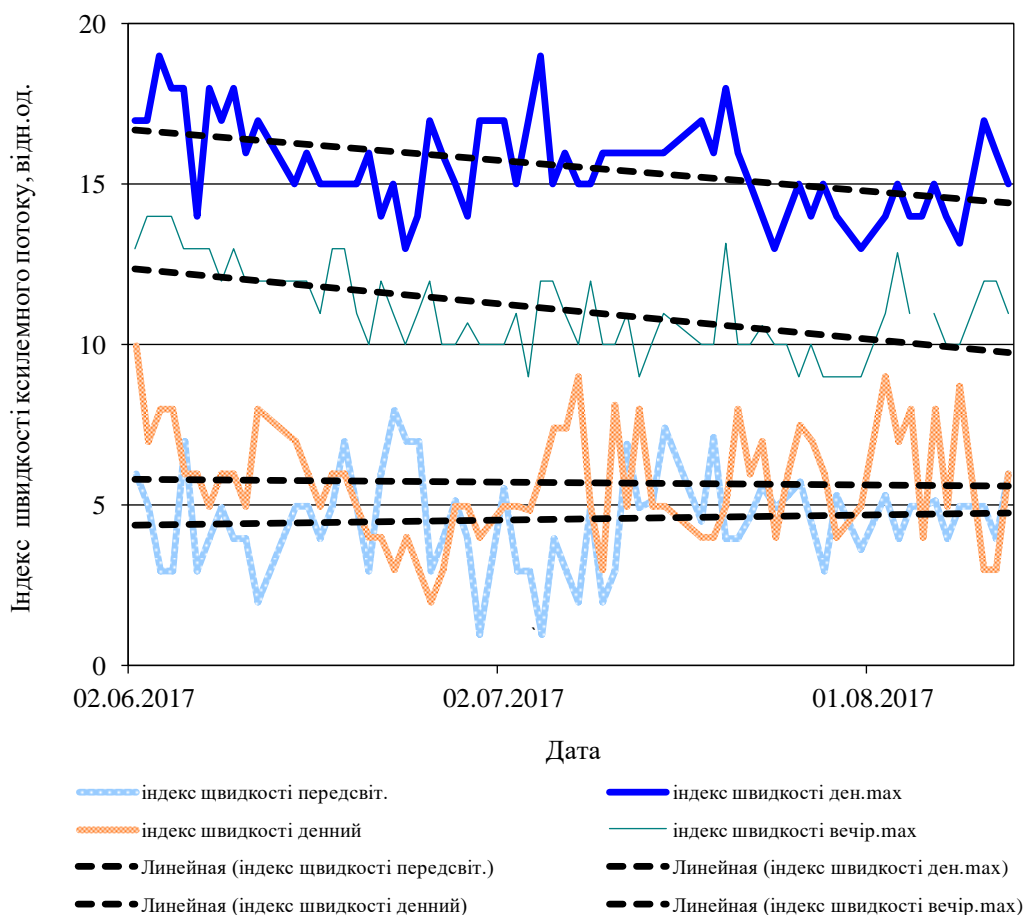


Рисунок 3.15 – Динаміка найбільш інформативних точок індексу швидкості ксилемного потоку за вегетаційний період 2017 року.

Графічне подання змін величин індексу передсвітанкової швидкості ксилемного потоку, яка відрізняється найбільшою варіабельністю через неоднакові погодні умови вегетаційного періоду має тенденцію до незначного збільшення протягом періоду спостережень. Проте, що до величин денного та вечірнього максимумів індексу швидкості ксилеми спостерігалась тенденція до уповільненого зменшення цих величин. Відмічено, що величина вечірніх максимумів значно поступається денним. Визначено, що протягом вегетації величина денного індексу швидкості ксилемного потоку (між двома максимумами) має флуктуації біля відповідного постійного середнього значення.

Встановлено, що у випадках, коли величина денного індексу швидкості ксилеми перевищує це середнє значення, то у такі дні не спостерігається наявність водного дефіциту. Тоді як, зменшення абсолютного значення цієї швидкості нижче розрахованого середнього значення призводить до водного дефіциту кісточкових культур.

Отже, якщо відношення величини індексу швидкості ксилемного потоку у стовбурі до сходу сонця до його значень у денні години доби дорівнює одиниці [25], то це є критичним значенням водного дефіциту рослин та свідчить про те, що дерева потребують забезпечення додатковою вологою. Чим більша величина індексу швидкості потоку у передсвітанковий час у порівнянні з денною, тим більшим є водний дефіцит.

Таким чином, представлені дані за індексом швидкості ксилемного потоку у стовбурі дерев є прямим доказом того, що встановлений параметр фізіологічного стану рослин має бути використано, по-перше, як діагностичний показник водного дефіциту в рослині та тривалості водного дисбалансу і, по-друге, як управляючий параметр при призначенні терміну початку проведення вегетаційних поливів підкрановим дрібнодисперсним дощуванням.

У цілому, застосування фітомоніторингових досліджень з визначення добових змін індексу швидкості ксилемного потоку у стовбурі дерев доводить, що цей процес є досить інформативним щодо їх функціонального стану, має

циркадний ритм, за яким можна вивчати водний обмін рослин протягом тривалого періоду, не порушуючи цілісність рослин.

Виходячи з вищевикладеного, підставою для початку проведення денних поливів є діагностичний показник водного дефіциту в рослині за умови, коли відношення величини передсвітанкового індексу ксилемного потоку до денного дорівнює або більше за одиницю. Встановлений параметр призначення поливів узгоджується з показниками метеорологічних елементів (температури повітря, дефіцитом насичення водяної пари) (рис.3.16).

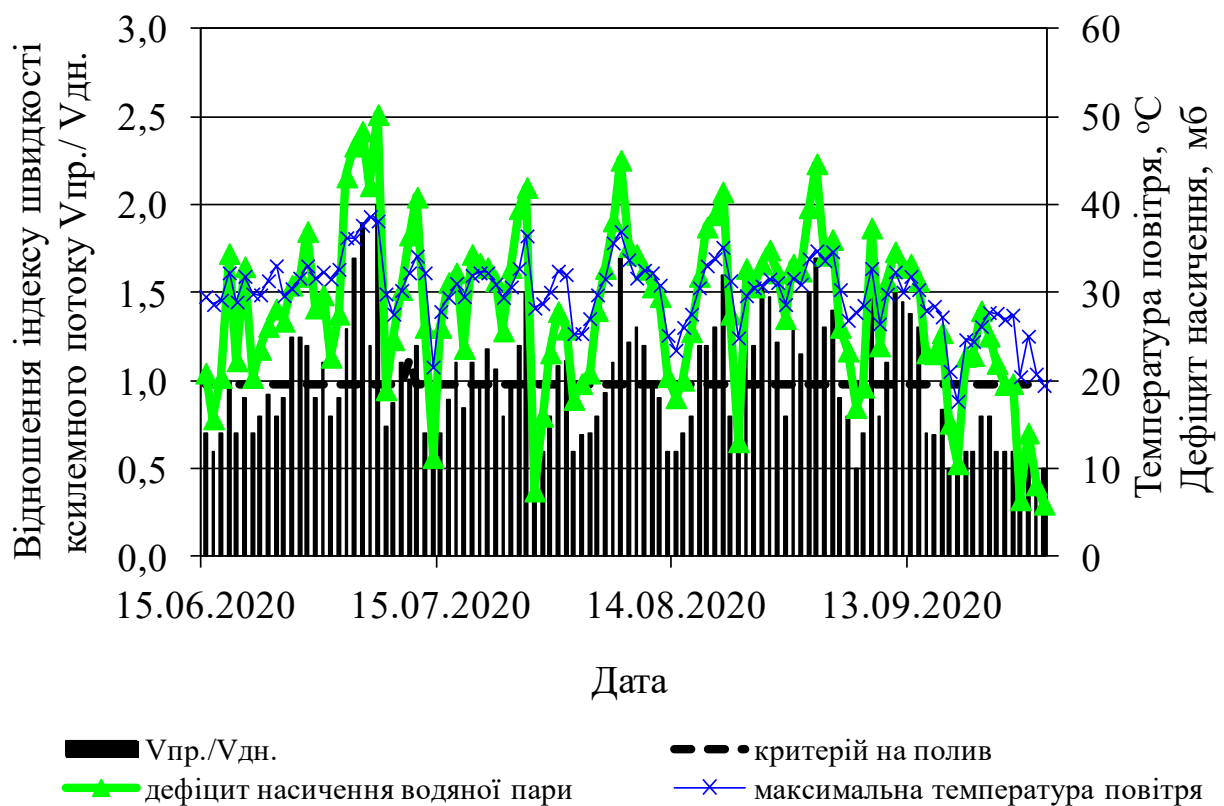


Рисунок 3.16 - Параметр призначення поливів при підкрановому дрібнодисперсному дощуванні за метеорологічних умов 2020 року

При застосуванні підкранового дрібнодисперсного дощування за діагностичним показником необхідність потреби кісточкових культур у зрошенні у вегетаційний період 2016 року виникала 32 рази, у 2017 році – 33 рази, у 2018 році – 38 разів, у 2019 році – 41 раз, а у 2020 році – 45 раз. У ці дні

перед призначенням початку дрібнодисперсного дощування температура повітря була вища за 25°C, а величина насичення дефіциту водяної пари набувала максимальних значень більш ніж 30 мб.

Таким чином, графічне подання діагностичного показника у динаміці надає наочне уявлення про період виникнення в рослинах водного дефіциту на тлі абіотичних факторів.

### Вплив абіотичних факторів на показники фітотимоніторингу абрикоса й черешні

Вплив абіотичних факторів (температури повітря, сонячної радіації) на фізіологічні показники функціонального стану абрикоса та черешні за змінами їх добового ритму в окремо взятий день наявно демонструє графік, зображений на рис. 3.17. Добова динаміка фізіологічних показників, які вивчалися на тлі метеопараметрів свідчать, що під час повітряної посухи за умови вологості ґрунту на оптимальному рівні спостерігалася чітка реакція рослин абрикоса й черешні на нестачу водопостачання.

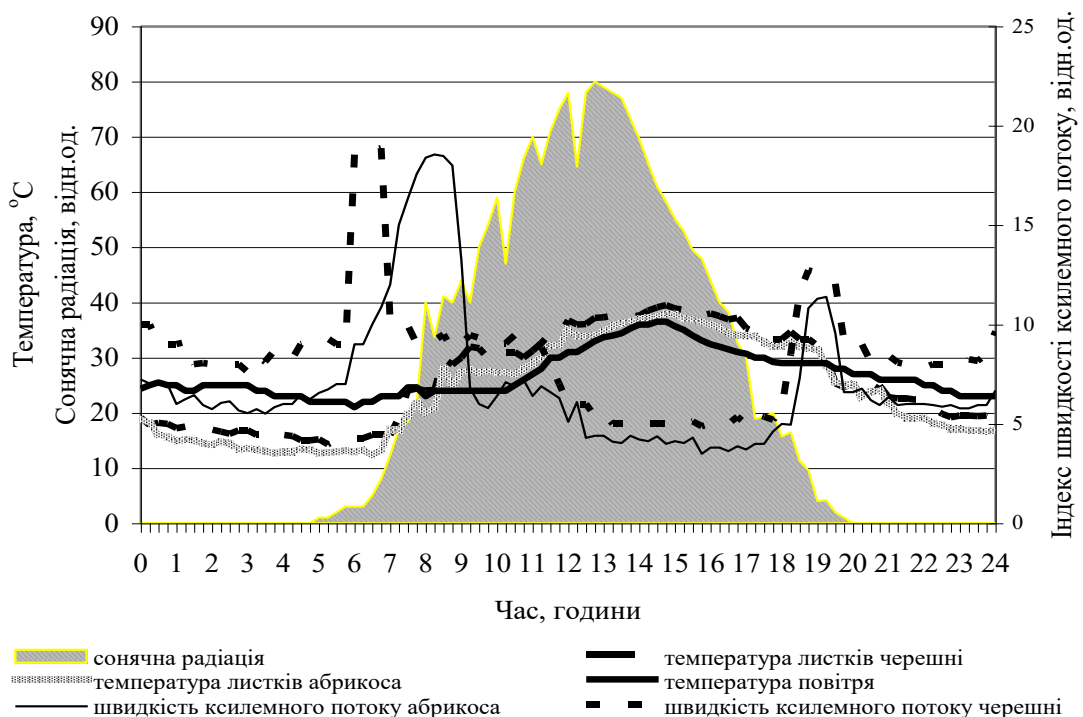


Рисунок 3.17 – Вплив абіотичних факторів на індекс швидкості ксилемного потоку у стовбурі та температуру листків абрикоса й черешні

У рослинах виникав водний дефіцит, тобто за встановленою закономірністю відношення величини передсвітанкового індексу ксилемного потоку до денного було більше за одиницю.

Аналізуючи добовий ритм індексу швидкості ксилемного потоку у стовбурі абрикоса, відмічено, що максимального ранкового значення він набував близько сьомої години ранку. У молодих насадженнях черешні максимум наставав на півтори години раніше. Дерева черешні дворічного віку відчували менший водний дефіцит, ніж дерева абрикоса у шістнадцятирічному віці, про що свідчить менша величина індексу ксилемного потоку. Проте у черешні підключення витрати вологи зі стовбура настає раніше, тобто транспірація розпочинається також раніше, ніж у абрикоса. За ранковим максимум наставало різке зниження індексу ксилемного потоку аж до вечірнього часу доби (вечірній максимум), який у обох культур спостерігався близько дев'ятнадцятої години. Потім величина індексу ксилемного потоку зменшувалася до рівня попередньої ночі або була нижчою.

За динамікою температурних змін у листках дерев абрикоса й черешні виявлено, що у нічний період їх температура нижча за температуру повітря. Протягом інтенсивної сонячної інсоляції у літній період (з 7 до 17 години) температура листків перевищувала температуру повітря на 3-6°C, а за вечірнього часу та після заходу сонця температура листкових пластинок знову була нижчою за температуру повітря.

Таким чином, добова динаміка індексу ксилемного потоку та температури листків надає інформацію про функціональний стан дерев абрикоса й черешні залежно від змін навколишнього середовища. Встановлена закономірність добових змін індексу швидкості ксилемного потоку у стовбурі дерев свідчить про процес водного обміну цих культур, а величина його використовувалася за діагностичний показник рівня водного дефіциту та його тривалості, як одного з основних параметрів при призначенні поливів дрібнодисперсним підкрановим дощуванням.

## Вплив дрібнодисперсного підкранового дощуванням. на функціональний стан кісточкових культур

Вплив дрібнодисперсного підкранового дощуванням. на функціональний стан черешні наведено на рис.3.18. У день (24.08.18р.), що розглядається була наявність суховію при максимальній температурі повітря 31,5°C, мінімальній відносній вологості повітря 22%, швидкості вітру 1,9 м/с з поривами до 8 м/с. Полив виконували з 09.45 до 15.45 у переривчастому режимі (полив - пауза).

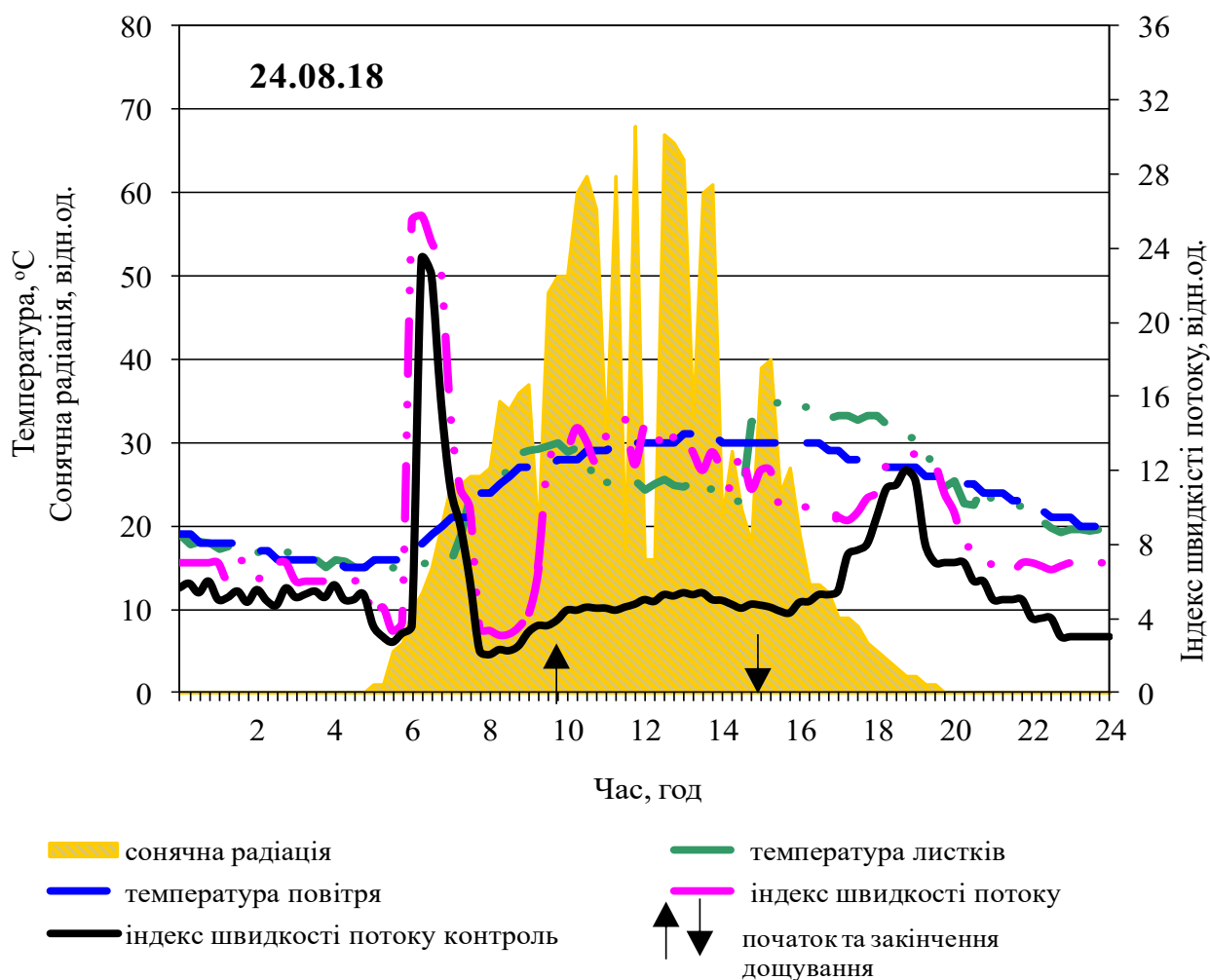


Рисунок 3.18 – Вплив дрібнодисперсного підкранового дощування на фізіологічні показники черешні.

Проведення поливів у денні години доби сприяли збільшенню величини індексу швидкості ксилемного потоку, а також зменшенню температури листків. Отже, підкранове дощуванням. сприяло зменшенню пригнічення індексу ксилемного потоку у денні години доби, у порівнянні з контролем (без

зрошення). Під час паузи його величина наближувалася до передполивного рівня. Після припинення поливу у дерев величина показника швидкості ксилемного потоку досягала відповідного рівня, а водний дефіцит до кінця доби було усунено. Про що свідчить те, що після вечірнього максимуму величина індексу ксилемного потоку вночі значно знизилася у порівнянні з попередньою ніччю.

Аналогічні результати впливу зрошення на функціональний стан абрикоса було отримано в поточному та попередньому роках. Вплив абіотичних факторів (температури повітря, сонячної радіації) та поливів на фізіологічні показники стану абрикоса за змінами їх добових ритмів в окремо взятий день (08.08.17р.) зображено на рис.3.19.

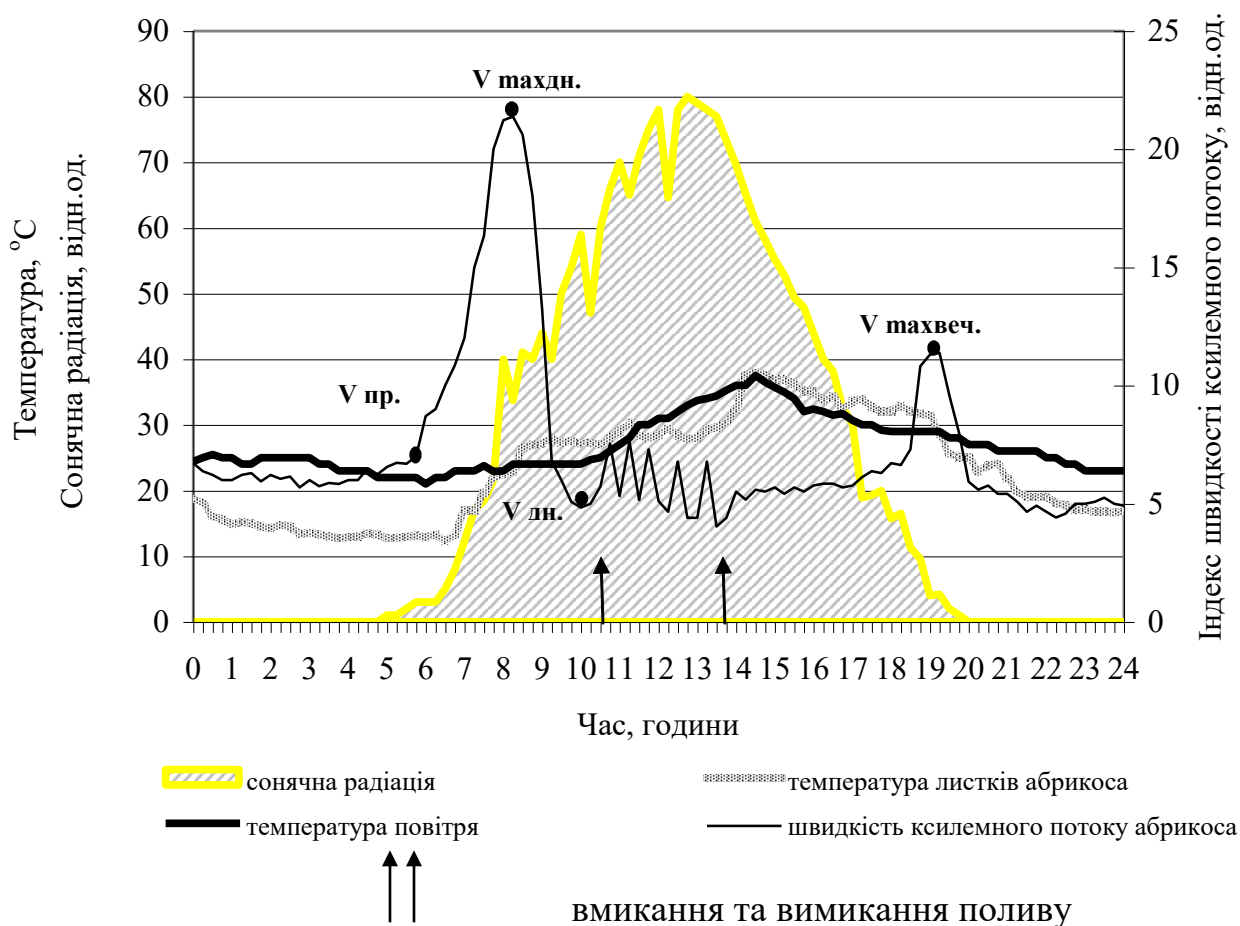


Рисунок 3.19 – Вплив поливів на індекс швидкості ксилемного потоку та температуру листків абрикоса



Добова динаміка фізіологічних показників, які вивчалися на тлі метеопараметрів при виконанні підкоронового дрібнодисперсного дощування свідчать, що під час повітряної посухи за умови вологості ґрунту на оптимальному рівні спостерігалася чітка реакція рослин абрикоса на полив в режимі полив-пауза. Під час дрібнодисперсного дощування тривалістю 5-7 хвилин спостерігалася збільшення величині індексу ксилемного потоку, тобто відбувалося зменшення його пригнічення у денні години доби, а під час паузи (15-40 хвилин) його величина наближувалася до передполивного рівня.

У день, що розглядається максимальна температура повітря досягала  $37,4^{\circ}\text{C}$  при мінімальній відносній вологості повітря 31%, швидкість вітру становила 1,6 м/с з поривами до 10 м/с. Добовий ритм індексу швидкості ксилемного потоку у стовбурі абрикоса свідчить, що на фоні оптимального рівня зволоження ґрунту цього дня дерева відчували водний дефіцит, тобто відношення передсвітанкової швидкості ( $V_{\text{пр.}}$ ) до денної ( $V_{\text{дн.}}$ ) було більше за одиницю. Індекс швидкості водного току у стовбурі абрикоса максимального значення ( $V_{\text{max дн.}}$ ) набував близько восьмої години ранку. Потім о восьмій години він різко знижувався, але проведення поливів у денні години доби призводили до його збільшення. Поливи виконували з 10.45 до 13.45. Після припинення дрібнодисперсного дощування у дерев величина показника швидкості ксилемного потоку досягала відповідного рівня, а водний дефіцит до кінця доби було усунено. Про що свідчить те, що після вечірнього максимуму ( $V_{\text{max веч.}}$ ) величина індексу ксилемного потоку вночі значно знизилася у порівнянні з попередньою ніччю.

Динаміка температури листків дерев абрикоса показала, що у нічний період їх температура нижча за температуру повітря. Протягом інтенсивної сонячної інсоляції (з 9 до 17 години) температура листків перевищувала температуру повітря, але під час зрошення температура листків знижувалася на  $4-5^{\circ}\text{C}$ .

Отже, при проведенні дрібнодисперсного дощування абрикоса й черешні за напружених метеорологічних умов встановлено, що індекс швидкості

висхідного водного току у стовбурі дерев збільшувався в 1,2 раза, а температура листків знижувалася на 4-6°C, ніж на контролі (природне зволоження).

Цей факт свідчить, що дрібнодисперсне дощування спроможне впливати на добовий ритм швидкості висхідного водного току у стовбурі та температуру органів дерев абрикоса, що знижує пригніченість рівня інтенсивності транспірації та не дозволяє перегрівання листкового апарату.

### **3.5 Вплив різних умов вологозабезпеченості на водний обмін абрикоса й черешні**

Водний обмін рослин містить в собі поглинання ними води, підйом ксилемного соку, внутрішній водний баланс дерева та витрату води в процесі транспірації листків. Отже, одним із сукупностей процесів водного обміну рослин є транспірація, яка, в свою чергу, залежить від ряду метеорологічних факторів та ґрунтово-кліматичних умов. Відомо, що транспірація досить швидко реагує на зміни температури повітря, дефіциту насичення водяної пари та вологості ґрунту [26].

Дослідження дискретних вимірювань інтенсивності транспірації листків абрикоса й черешні за класичною методикою [27] проводилися безпосередньо в насадженнях цих культур. В результаті експерименту встановлено, що за екстремальних погодних умов (високої температури та низької вологості повітря) листки транспірують інтенсивніше у дорослих плодоносних дерев абрикоса, ніж у дворічних дерев черешні (рис.3.20).

У представлені на графіку дні температура повітря була у межах від 27,5 до 35,5°C, мінімальна вологість повітря становила 23-46%, максимальне значення дефіциту насичення водяної пари було більш, ніж 26 мб, а у дні з суховіями (22.06 та 03.08) воно досягало 37,7.мб. За денною динамікою інтенсивність транспірації максимального значення набувала об одинадцятій годині в обох плодкових кісточкових культурах.

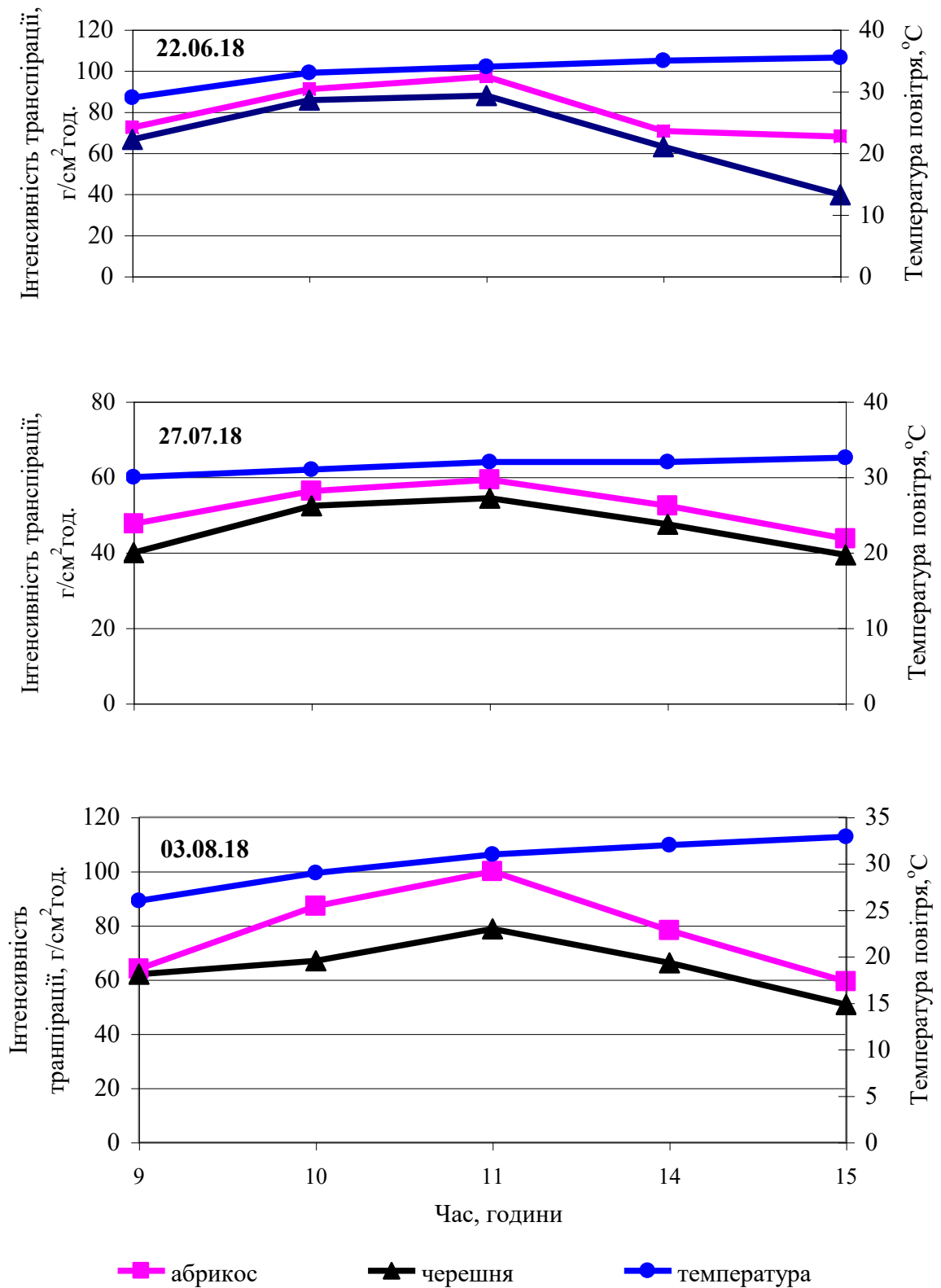


Рисунок 3.20 – Динаміка середніх погодинних значень інтенсивності транспірації абрикоса й черешні та температури повітря

На цей час інтенсивність транспірації листків абрикоса була у межах від 59,3 до 92,8 г·см<sup>-2</sup>·год<sup>-1</sup>, а у черешні – 53,7-82,7 г·см<sup>-2</sup>·год<sup>-1</sup>. Потім рівень транспірації поступово зменшувався, а над полудень відбувалося поступове уповільнення цього процесу, яке пов'язане з частковим закриттям продихів листків абрикоса й черешні через термічне навантаження, а також за значно високого дефіциту насичення водяної пари.

Установлено тісний кореляційний обернений зв'язок між інтенсивністю транспірації листків абрикоса й черешні та денною величиною індексу ксилемного потоку, який є дзеркальним відбитком транспіраційних потоків рослин ( $r = -0,81-0,86$ ).

Слід відмітити, що денне збільшення температури повітря у дні, що розглядаються, непропорційно впливало на рівень інтенсивності транспірації листків абрикоса й черешні. Крім того, поряд з впливом абіотичних факторів транспірація контролюється ще й структурою листової пластинки та віком дерев.

Вивченні впливу систем зрошення на інтенсивність транспірації для культури абрикоса дозволило виявити особливості його транспіраційного процесу. Встановлено, що за різних погодних умов листки абрикоса транспірують інтенсивніше при дрібнодисперсному підкрановому дощуванні, ніж при краплинному зрошенні (рис. 3.21).

На обох варіантах зі зрошенням максимального збільшення інтенсивності транспірації набувала об одинадцятій годині, тобто у цей час відбувалися максимальні витрати води рослиною в процесі транспірації. Потім вона поступово зменшувалася, а над полудень спостерігалась депресія транспіраційних потоків, яка пов'язана з частковим закриттям продихів листків. Проте, за різних систем мікрозрошення відбувався неоднаковий їх вплив на рівень інтенсивності транспірації листків абрикоса. Більш тривалий міжполивний період при краплинному зрошенні спричиняв поступове зменшення її рівня, який був істотно нижчим, ніж при майже щоденному дрібнодисперсному підкрановому дощуванні.

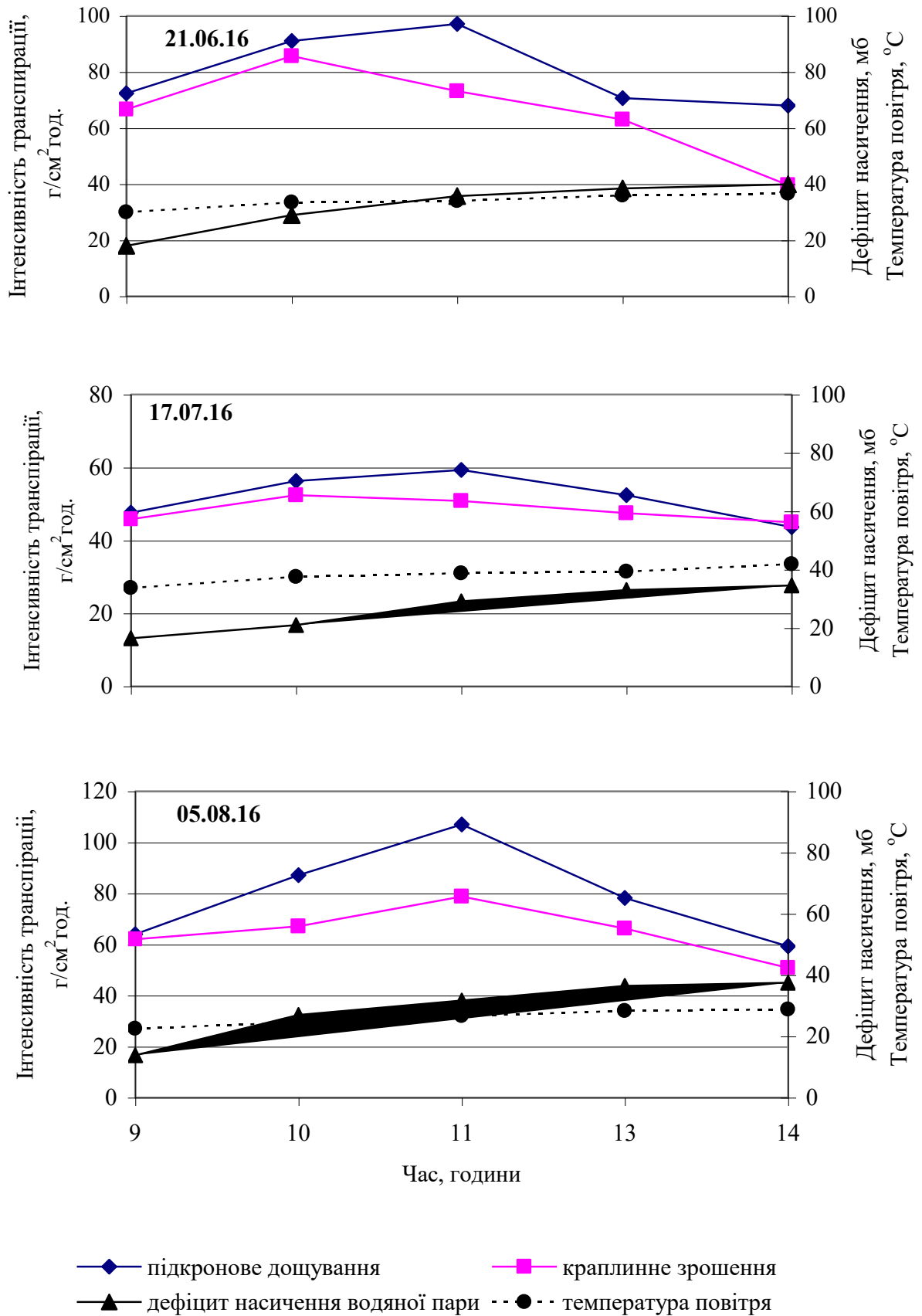


Рисунок 3.21 – Динаміка інтенсивності транспірації абрикоса за різних систем зрошення на фоні абіотичних факторів

В дослідженнях динаміки транспіраційних потоків абрикоса також було підтверджено, що денне збільшення температури повітря у дні, які представлено, непропорційно впливало на рівень інтенсивності транспірації листків абрикоса як при дрібнодисперсному підкрановому дощуванні, так і при краплинному зрошенні. Така ж тенденція інтенсивності транспірації спостерігалася й при денному збільшенню дефіциту водяної пари.

Отже, на інтенсивність транспіраційного процесу впливають не тільки зовнішні чинники (погодні умови), але й ендogenous властивості самої рослини, незалежно від фону вологості ґрунту під дією систем мікрозрошення. Тому вона є досить інформативним показником водного обміну плодкових кісточкових культур.

Відомо, що вологозабезпеченість рослин необхідна для підтримання їх тургору [26]. Відповідний ступінь тургесцентності має суттєве значення для стану продихів листків рослин. Продовжуючи обговорення процесу транспірації, виявлено, що при закритті продихів листків абрикоса відбувалося також уповільнене зниження ступеня тургесцентності листків. Встановлено, що інтенсивність процесу випаровування води листками тісно пов'язана з їх тургесцентністю, яка в свою чергу залежить від забезпеченості рослин вологою (рис. 3.22).

Залежність інтенсивності транспірації від тургесцентності листків описується рівнянням другого ступеня ( $y = 0,19x^2 - 0,97x + 52,60$ ) при  $R^2=0,65$ . Розрахована перша похідна отриманої функції характеризує швидкість транспіраційного процесу листків абрикоса за різної їх тургесцентності, що надає можливість виявлення закономірності цього процесу, а саме, зі збільшення величини тургесцентності прискорюється інтенсивність транспірації, і, навпаки, при прискореному темпі транспірації кількість насичення води в листках зменшується.

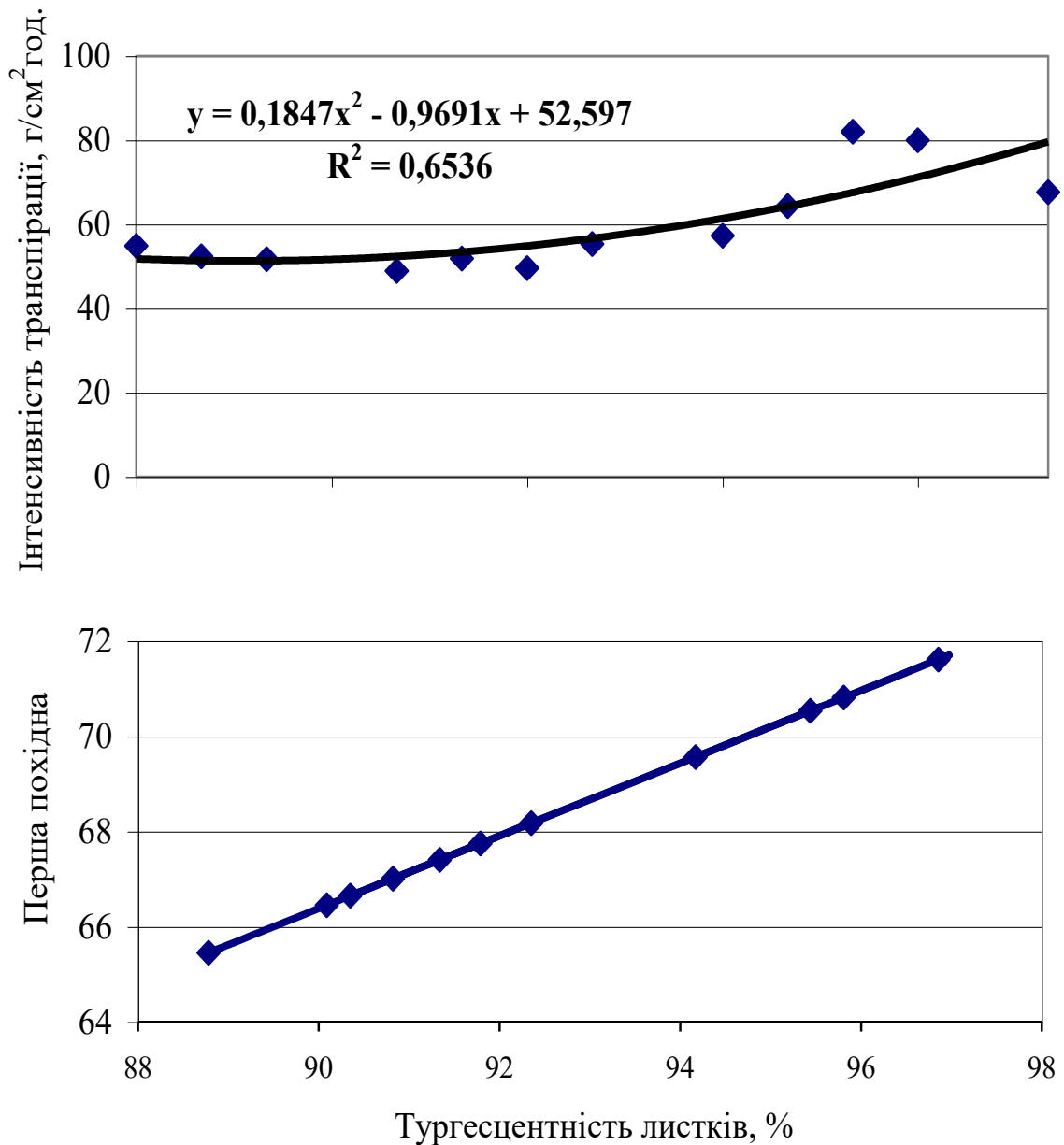


Рисунок 3.22 – Залежність інтенсивності транспірації від тургесцентності листків абрикоса та графік її першої похідної

Однак, все ж таки найбільш вагомий вплив на зміну величини інтенсивності транспірації надають атмосферні умови такі, як дефіцит насичення водяної пари. На рис. 3.23 представлено динаміку середніх погодинних значень інтенсивності транспірації за різних систем зрошення на фоні дефіциту насичення водяної пари.

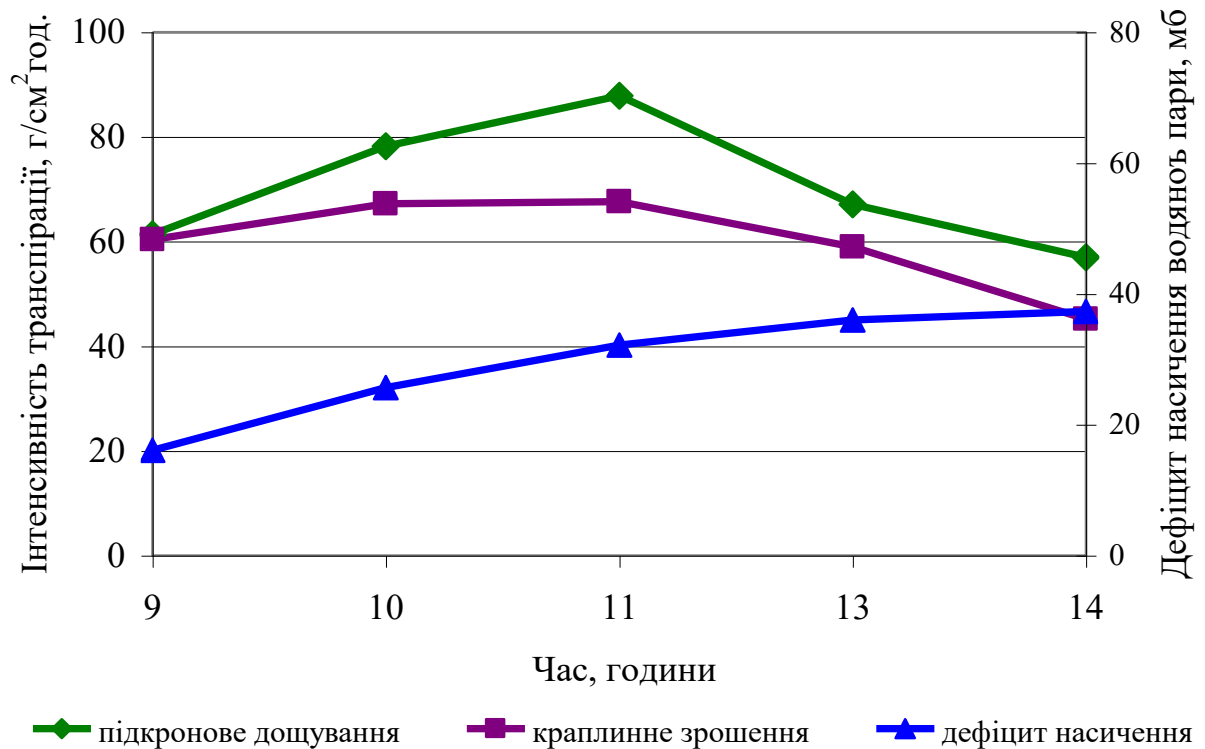


Рисунок 3.23 – Динаміка середніх погодинних значень інтенсивності транспірації листків абрикоса за різних систем зрошення та дефіциту насичення водної пари

Між вищевказаними показниками встановлено залежність (рис. 3.24) як при підкроновому дощуванні, так і краплинному зрошенні. Ці залежності описуються рівняннями другого ступеня з доволі високими коефіцієнтами детермінації ( $R^2=0,93$  та  $R^2=0,82$  відповідно). Отримані рівняння свідчать, що інтенсивність транспірації обернено пропорційна крутості кривої дефіциту насичення водної пари. Зазначимо, що при досягненні дефіциту насичення водної пари близько 25 мб відбувається поступове уповільнення процесу транспірації.



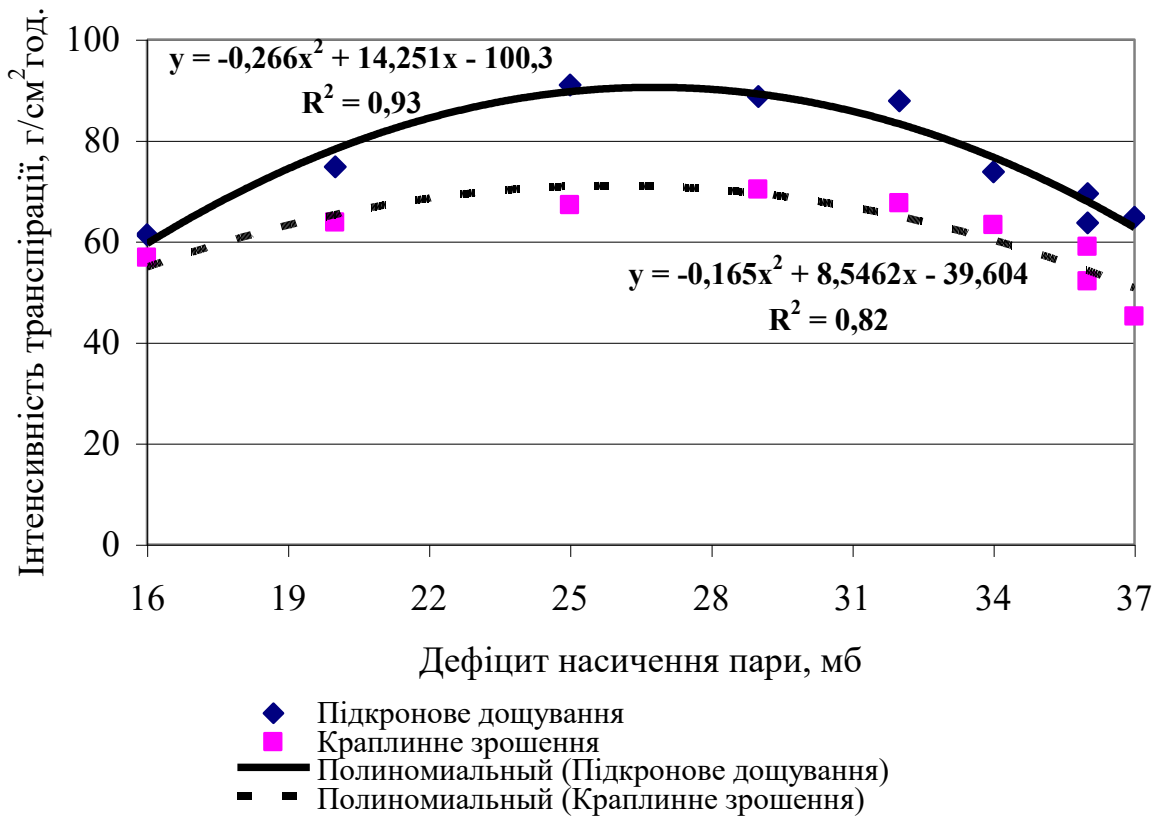


Рисунок 3.24 – Залежність інтенсивності транспірації листків абрикоса за різних систем зрошення від дефіциту насичення водяної пари

З отриманих результатів витікає, що на величину інтенсивності транспірації листків значно впливають атмосферні умови, такі, як дефіцит насичення водяної пари. Проте, дискретні вимірювання інтенсивності транспірації не дозволяють безперервно простежити процес водного балансу рослин в динаміці протягом доби або сезону вегетації. Крім того, на точність визначення інтенсивності транспірації впливає час доби, вік листків та їх орієнтація до сторін світу. Тому використання вищевикладеної методології фітомоніторингу кісточкових культур абрикоса й черешні надає підставу доцільності її застосування при встановленні закономірностей їх водного обміну. Вищевикладене з вивчення індексу швидкості ксилемного потоку у стовбурі, який є не тільки дзеркальним відбитком транспіраційних потоків рослин, але й інтегрованим показником водного режиму дерева в цілому надає підставу доцільності його застосування при застосуванні фітомоніторингу для

спостережень за змінами функціонального стану абрикоса й черешні та виявлення закономірностей їх продуктивності.

### **3.7 Показники поливного режиму та продуктивності дерев абрикоса й черешні**

Упродовж років досліджень (2016-2020рр.) вегетаційні поливи абрикоса й черешні виконували за допомогою систем мікрозрошення: підкранового дрібнодисперсного дощування та краплинного зрошення.

На початку вегетаційного періоду 2016 року вологість ґрунту була у межах 70- 80% НВ. Потім, починаючи з третьої декади квітня дощова погода сприяла підтриманню ґрунту на рівні 80-95% НВ. Кількість опадів у квітні становила 31,2 мм, у травні – 84,6 мм. У першій декаді червня загальна сума незначних, але частих опадів становила 26,9 мм. ГТК дорівнював 0,9; 1,7 та 0,9 відповідно. Тому, як за вологістю ґрунту у варіанті краплинного зрошення, так і у варіанті підкранового дощування з призначенням поливів за фізіологічним показником – індексом швидкості ксилемного потоку у стовбурі дерев необхідність в проведенні поливів не виникала. Вологість ґрунту на цей період була в середньому на рівні 78% НВ. Починаючи з другої декади червня і до кінця серпня встановилася дуже спекотна погода з невеликою кількістю опадів (у другій половині червня – 1 мм; липні – 34,3 мм; серпні – 17,8 мм), тобто з недостатніми умовами зволоження ґрунту. Максимальна температура повітря була у межах 25,8-38,8°C, а вологість повітря коливалась від 20 до 40%. В цілому за ГТК червень та липень відзначалися як періоди з дуже посушливими умовами, а серпень був навіть сухим. У вересні ГТК становив 1,2, що відповідало слабко посушливими умовами зволоження.

Веgetаційні поливи абрикоса через достатнє природне зволоження ґрунту на початку вегетації та опади у квітні, травні та початку червня було розпочато з другої поливи череня, які тривали до другої декади вересня. У вегетаційний період цього року при застосуванні підкранового дощування згідно потреби

рослин у волозі за діагностичним показником індексу швидкості висхідного потоку у стовбурі в насадженнях абрикоса необхідність потреби абрикоса у зрошенні виникала 32 рази. Протягом денних поливів з тривалістю близько 3 хвилин їх кількість коливалася від 10 до 20 раз на день. Величина паузи між поливами становила від 5 до 25 хвилин. На ділянці з насадженнями абрикоса сумарний час поливів за день коливався від 30 до 60 хвилин. Денні норми поливу при такому режимі становили для абрикоса – 20-45 м<sup>3</sup>/га. Зрошувальна норма становила 1440 м<sup>3</sup>/га. Вологість ґрунту у пристовбурних смугах ряду підтримувалась у межах 70-80%НВ. За сезон загальний час поливу абрикоса тривав 23 год. 45 хв. Поливи цього року виконувалися при досить напружених метеорологічних умовах: максимальної температури повітря у травні до 36,7°С липні до 38,7, серпні – до 38,8 та низькій мінімальній відносній вологості повітря від 22%, 23 та 20% відповідно місяцям.

На ділянках з краплинного зрошення в насадженнях абрикоса виконано по 10 поливів з призначенням норм поливу за вологістю ґрунту згідно за рекомендованим режимом. Тривалість одного поливу складала від 2 год. 40 хв. до 5 год. 15 хв. Зрошувальна норма становила 1020 м<sup>3</sup>/га.

Отже, порівнюючи дані за зрошувальними нормами встановлено, що в насадженнях абрикоса при підкрановому дрібнодисперсному дощуванні за сезон витрачено в 1,4 раза більше води, ніж при краплинному зрошенні. Це можна пояснити посушливими і навіть спекотними умовами літнього періоду цього року. Через такі напружені метеорологічні умови з липня по вересень при наявності повітряної посухи та суховіїв виникала частіше потреба дерев абрикоса у додатковому зрошенні, ніж за рекомендованою технологією.

У 2016 року в насадженнях черешні розпочато реконструкцію саду.

Погодні умови зимового періоду 2016 рік були сприятливими для перезимівлі дерев абрикоса. Не дивлячись на те, що абрикос вийшов зі стану спокою наприкінці грудня (25.12.16р.) зимові морози протягом січня з мінімальною температурою -19,2°С не спричинили значних пошкоджень генеративним брунькам (до 4 %). Але часті та довготривалі вранішні роси

призвели до масового ураження квіток абрикоса під час його цвітіння хворобами, що значно позначилося на величині урожаю.

Урожай плодів абрикоса у варіанті підкоронового дощування з застосуванням управління поливами за фізіологічними параметрами рослин становив в середньому 6,4 кг/дер. або 2,7 т/га, що істотно більше, ніж у контрольному варіанті без зрошення (1,5 кг/дер. або 0,6 т/га). За краплинного зрошення урожай становив до 2,4 кг/дер. (0,8 т/га).

Дерева абрикоса мали задовільний ріст і розвиток дерев. Істотної різниці за біометричними показниками – середньої довжини пагонів та діаметром штамбу між обліковими деревами у варіантах зрошення не виявлено.

Таким чином, в результаті досліджень 2016 року за показником величини урожаю встановлено позитивний вплив дрібнодисперсного дощування. Було отримано прибавку врожаю 1,9 т/га, але при більших витратах зрошувальної води майже в 1,4 раза із застосуванням систем підкоронового дрібнодисперсного дощування у порівнянні з краплинними зрошенням.

На ділянках крапельного зрошення в насадженнях абрикоса та черешні виконано по 10 поливів з призначенням норм поливу (27,5 - 95,0 м<sup>3</sup>/га) за вологістю ґрунту згідно за рекомендованим режимом. Тривалість одного поливу складала від 2 год. 40 хв. до 5 год. 30 хв. Зрошувальна норма становила 1010 м<sup>3</sup>/га. Загальне водоспоживання обох культур наведено у табл. А1, А2.

Отже, порівнюючи дані за зрошувальними нормами встановлено, що в насадженнях абрикоса та черешні при підкороновому дощуванні за сезон витрачено в 1,6 раза більше зрошувальної води, ніж при краплинному зрошенні через посушливі і навіть спекотні умовами літнього періоду цього року. Через такі напружені метеорологічні умови з липня по вересень при наявності тривалих повітряних посух та суховіїв виникала частіше потреба дерев абрикоса та черешні у додатковому зрошенні, ніж за рекомендованою технологією.

Погодні умови зимового періоду 2017 року були сприятливими для перезимівлі дерев абрикоса. Не дивлячись на те, що абрикос вийшов зі стану

спокою наприкінці грудня (15.12.16р.) зимові морози протягом січня з мінімальною температурою  $-17,3^{\circ}\text{C}$  на спричинили значних пошкоджень генеративним брунькам (до 2%). Але через те, що навесні 2017 року на деревах абрикоса було проведено омолоджуючу обрізку дерев, а черешня знаходилася в ювенільному періоді розвитку урожаю плодів не було.

Дерева абрикоса мали задовільний ріст і розвиток дерев. Довжина однорічних пагонів у абрикоса була у межах від 65 до 150 см, діаметр штамбу становив в середньому 21 см. За біометричним показником (середньої довжини пагонів) між обліковими деревами у варіантах зрошення та контролем виявлено істотну різницю. У черешні приріст однорічних пагонів становив 15-35см без істотної різниці між варіантами.

В цілому за результатами досліджень, застосовуючи методологію фітомоніторингу, виявлено закономірності змін індексу швидкості ксилемного потоку у стовбурах дерев абрикоса та температури листків, а саме при підкрановому дрібнодисперсному дощуванні індекс швидкості ксилемного потоку збільшувався у 1,2 рази, а температура листків знижується на  $4-5^{\circ}\text{C}$ , що сприяло більш вищому загальному рівню транспіраційних потоків, ніж при краплинному зрошенні,

На початку вегетаційного періоду 2018 року (наприкінці квітня) вологість ґрунту була у межах 75-80% НВ, У період з початку червня до першої п'ятиденки вересня, як за вологістю ґрунту при краплинному зрошенні, так і за фізіологічним показником (індексом швидкості ксилемного потоку) при підкрановому дощуванні виникала потреба у проведенні поливів насаджень абрикоса й черешні. При застосуванні підкранового дрібнодисперсного дощування згідно потреби рослин у волозі за діагностичним показником індексу швидкості висхідного водного потоку у стовбурі в насадженнях абрикоса й черешні необхідність потреби у зрошенні виникала 38 разів. Протягом денних поливів з тривалістю близько 5-15 хвилин їх кількість коливалася від 6 до 12 раз на день. Величина паузи між поливами становила від 15 до 30 хвилин. На ділянках сумарний час поливів за день коливався від 30 до

60 хвилин, а в окремі дні до 120 хвилин. Денні норми поливу при такому режимі становили – 10,0-45 м<sup>3</sup>/га. Зрошувальна норма дорівнювала 1010 м<sup>3</sup>/га. Мінералізація води становила 1,6 г/л [27]. В насадженнях абрикоса й черешні вологість ґрунту у пристовбурних смугах ряду підтримувалась у межах 70-80%НВ. Поливи цього року виконувалися при досить напружених метеорологічних умовах: максимальної температури повітря у червні – 36,6°С липні – 35,0, серпні – до 36,9,6°С та низькій мінімальній відносній вологості повітря від 13%, 27 та 11% відповідно щодо місяців. Через такі складні метеорологічні умови при наявності тривалих посух та суховіїв виникала частіше потреба дерев абрикоса й черешні у додатковому зрошенні, ніж за рекомендованою технологією.

На ділянках крапельного зрошення в насадженнях абрикоса й черешні виконано по 11 поливів з призначенням норм поливу (37,5-112,0 м<sup>3</sup>/га) за вологістю ґрунту згідно за рекомендованим режимом. Тривалість одного поливу становила від 3год. 30хв. до 6год. Зрошувальна норма – 1055 м<sup>3</sup>/га.

Отже, порівнюючи дані за зрошувальними нормами встановлено, що в насадженнях абрикоса й черешні при підкрановому дрібнодисперсному дощуванні за сезон витрачено майже однакова кількість зрошувальної води у порівнянні з краплинним зрошенням. Так само, й загальне водоспоживання для обох культур було майже однаковим на ділянках з підкрановим дощуванням та крапельним зрошенням. Зрошення підвищувало водоспоживання абрикоса й черешні на 28-29%. У структурі сумарного водоспоживання основною прибутковою статтею водного балансу є опади. По всіх варіантах режимів зрошення участь опадів у сумарному водоспоживанні складала у варіантах зі зрошенням від 45 до 60 %. На контрольному варіанті – 76 %. На долю зрошувальної води у варіантах зі зрошенням припадало від 17 до 25 %. Доля участі ґрунтової вологи в сумарному водоспоживанні коливалася від 12 до 23 %.

Урожай абрикоса при підкрановому дрібнодисперсному дощуванні був невеликим 3,1 т/га, проте у порівнянні з краплинним зрошенням 2,5 та

контролем 2,2 т/га він був більшим в 1,2 раза. Черешня знаходиться в ювенільному періоді розвитку, тому урожаю плодів не було.

Дерева абрикоса мали задовільний ріст і розвиток дерев. Довжина однорічних пагонів у абрикоса була у межах від 50 до 180 см, діаметр штамбу становив в середньому 22,6 см при підкроновому дощуванні та 18,5 см при краплинному зрошенні. За біометричним показником (середньої довжини пагонів та діаметром штамбу) між обліковими деревами у варіантах зрошення та контролем виявлено істотну різницю. У черешні приріст однорічних пагонів становив 15-45 см, діаметр штамбу в середньому становив до 4 см без істотної різниці між варіантами.

У 2019 році на початку вегетаційного періоду (наприкінці квітня) вологість ґрунту була у межах від 75 до 85% НВ, Цього року у окремі періоди з середини червня до кінця вересня, як за вологістю ґрунту при краплинному зрошенні, так і за фізіологічним показником (індексом швидкості ксилемного потоку) при підкроновому дощуванні виникала потреба у проведенні поливів насаджень кісточкових культур. У вегетаційний період поточного року при застосуванні підкронового дощування згідно потреби рослин у волозі за діагностичним показником індексу швидкості висхідного водного потоку у стовбурі в насадженнях абрикоса й черешні необхідність потреби у зрошенні виникала 41 раз. На ділянці з насадженнями абрикоса й черешні при підкроновому дрібнодисперсному дощуванні тривалість поливу дорівнювала 5 хвилин, величина паузи між поливами становила від 15 до 30 хвилин. Сумарний час за день коливався від 25 до 85 хвилин. За сезон загальний період поливу абрикоса й черешні тривав 9 год. 40 хв При краплинному зрошенні час одного поливу становив від 2 год.40 хв. до 6 год. 30 хв. Норма поливу абрикоса й черешні при підкроновому дрібнодисперсному дощуванні була у межах 25,0-60,0 м<sup>3</sup>/га та 40-105,0 м<sup>3</sup>/га – при краплинному зрошенні. За погодних умов поточного року зрошувальна норма для обох кісточкових культур становила 1210 та 1650 м<sup>3</sup>/га відповідно до підкронового дощування та краплинного зрошення. В насадженнях абрикоса та черешні вологість ґрунту у

пристовбурних смугах ряду підтримувалася у межах 70-80%НВ. Поливи виконувалися при досить напружених метеорологічних умовах при наявності тривалих посух та суховіїв, що викликало частішу потребу дерев абрикоса й черешні у додатковому зрошенні, ніж за рекомендованою технологією. Проте, порівнюючи дані за зрошувальними нормами встановлено, що при застосуванні розробленого методу управління параметрами фізіологічного стану дерев плодкових кісточкових культур і системою мікрозрошення в насадженнях абрикоса й черешні при підкроновому дрібнодисперсному дощуванні за сезон витрачено менша кількість зрошувальної води у порівнянні з краплинним зрошенням. Загальне водоспоживання обох культур наведено у табл. А5, А6.

Через несприятливі погодні умови з дощем та вранішніми росами на початку вегетації (виникнення ураження абрикоса моніліальним опіком) отримано невеликий урожай абрикоса сорту Мелітопольський лучистий 9,3 т/га у порівнянні з краплинним зрошенням 6,6 та контролем 5,9 т/га, що забезпечило його підвищення в 1,4 раза. Між варіантами зі зрошенням встановлено істотну різницю у величині урожаю [25,28]. В насадження черешні на окремих деревах отримано урожай до 1 кг/дер., але істотної різниці між варіантами зрошення не було.

Дерева абрикоса мали задовільний ріст і розвиток дерев. Довжина однорічних пагонів у абрикоса була у межах від 60 до 170 см, діаметр штамбу становив в середньому 23,8 см при підкроновому дощуванні та 20,5 см при краплинному зрошенні. За біометричним показником (середньої довжини пагонів та діаметром штамбу) між обліковими деревами у варіантах зрошення та контролем виявлено істотну різницю. У черешні приріст однорічних пагонів становив 20-45 см, діаметр штамбу становив до 5,2 см без істотної різниці між варіантами.

На ділянці з насадженнями абрикоса й черешні у 2020 році при підкроновому дрібнодисперсному дощуванні тривалість поливу дорівнювала 5 хвилин, величина паузи між поливами становила від 25 до 45 хвилин в залежності від погодних умов та реакції дерев на дощування. Через погодні



умови з наявністю тривалих суховіїв потреба у проведенні підкоронового дрібнодисперсного дощування призначеного за фізіологічним параметром (індексом ксилемного потоку) протягом вегетації виникала до 45 разів. Сумарний час поливу за день коливався від 45 до 85 хвилин. Норма поливу абрикоса й черешні при підкороновому дощуванні була у межах 25,0-60,0 м<sup>3</sup>/га. При краплинному зрошенні час одного поливу становив від 3 год.40 хв. до 6 год. 30 хв. при нормі поливу 60-112,0 м<sup>3</sup>/га. За погодних умов поточного року зрошувальна норма для обох кісточкових культур в середньому становила 1610 та 1730 м<sup>3</sup>/га відповідно до підкоронового дощування та краплинного зрошення.

Через весняні заморозки на початку вегетації 2020 року урожаю абрикоса сорту Мелітопольський лучистий та черешні сорту Крупноплідна на дослідних ділянках не було (поодинокі плоди). Дерев кісточкових культур мали задовільний ріст та розвиток. Довжина однорічних пагонів у абрикоса була у межах від 60 до 100 см, у черешні – 20-30см. Приріст діаметра штамбу становив в середньому у абрикоса 1,3 см, а у черешні – 1,1см. Істотної різниці між варіантами зрошення не виявлено.

Однак, апробація пропозицій при проведенні вегетаційних поливів системою дрібнодисперсного підкоронового дощування черешні сорту Крупноплідна в умовах промислового саду ДП ДГ „Мелітопольське” на загальній площі 10 га через пошкодження до 80% бутонів черешні довготривалими весняними заморозками дозволило отримати невеликий урожай 0,5 т/га у порівнянні з контролем 0,4 т/га, що забезпечило його підвищення в 1.3 рази.

Протягом вегетації дерев під впливом проведених у посушливі періоди поливів абрикоса сорту Мелітопольський ранній та черешні Крупноплідна мали задовільний ріст, але між варіантами істотно не відрізнялися. Висота дерев на обох ділянках зрошення досягла від 1,5 до 3 м залежно від породи та віку дерев.

Таким чином, за роки досліджень встановлено закономірності формування продуктивності абрикоса та черешні за різних варіантів мікрозрошення за біометричними показниками. Застосування методу управління параметрами

фізіологічного стану дерев плодових кісточкових культур і системою мікрозрошення у 2018 та 2019 роках сприяло зменшенню витрат зрошувальної води системою підкоронового дрібнодисперсного дощування, ніж краплинного зрошення та отриманню приросту врожаю абрикоса в 1,2 -1,3 рази.

В цілому за результатами досліджень, по-перше, розроблено *метод* управління параметрами фізіологічного стану дерев плодових кісточкових культур і системою мікрозрошення і по-друге, сформовано та статистично доведено низку основних показників до аналітичної бази даних щодо визначення оптимальних та граничних значень параметрів функціонального стану дерев для одержання показників водного обміну абрикоса й черешні під впливом навколишнього середовища при мікрозрошенні:

1) фенокліматографічні показники – термін виходу дерев з біологічного спокою, початку цвітіння, досягання плодів:

2) фізіологічні показники – індекс швидкості ксилемного потоку у стовбурі дерев кісточкових культур, температура, транспірація та тургесцентність листків;

3) метеорологічні показники – сонячна радіація, температура повітря, вологість повітря, кількість опадів, дефіцит насичення водяної пари, гідротермічний коефіцієнт;

4) показники водно-фізичних властивостей ґрунту – середня об'ємна маса ґрунту, відсоток від абсолютно сухого ґрунту або у відсотках від НВ.

## **Висновки**

1. За результатами досліджень для системи надкоронового багатофункціонального щоденного дрібнодисперсного дощування плодових насаджень яблуні було обґрунтовано для застосування такі мікродошувачі: Д - 005, з витратою води 20 л/год. і Pal Mini Sprayer 360<sup>0</sup> з витратою води 40 л/год. та інтенсивністю 0,09 мм/хв., для яких і розроблено схему їх розміщення на трубопроводі і в кроні дерев.

2. Визначено, що оптимальна величина витрати води на 1 м<sup>2</sup> листової поверхні знаходиться в межах 140-160 г води, при цьому тривалість часу змочування при використанні двох насадок Д-005 і Pal Mini Sprayer 360<sup>0</sup> збільшується від 0,2 до 22 хв в залежності від площі листової поверхні.

3. За визначеними граничними значеннями фенокліматографічних показників (накопичення одиниць охолодження та градусо-годин росту) встановлено, що період найбільшої потреби абрикоса та черешні у волозі відповідає накопиченню 50% ГТР від граничної суми, необхідної для досягання плодів.

4. На основі встановлених закономірностей функціонального стану абрикоса й черешні розроблено метод управління параметрами фізіологічного стану дерев плодкових кісточкових культур і системою мікрозрошення.

5. Виявлено закономірності та статистично доведено залежності інтенсивності транспірації від дефіциту насичення водяної пари за підкоронового дощування та краплинного зрошення. Ці залежності описуються рівняннями другого ступеня з коефіцієнтом детермінації 0,81 і 0,82 відповідно до систем зрошення.

6. За умов проведення підкоронового дрібнодисперсного дощування отримано задовільний ріст та розвиток дерев абрикоса й черешні. За роки досліджень урожай абрикоса сорту Мелітопольський лучистий був в 1,2-1,4 раза вищим у порівнянні з краплинним зрошення та контролем (природне зволоження).

## **ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ**

1. Лищук А.И., Радченко С.С., Ильницький О.А. Динамика водного обмена косточковых плодовых культур в условиях водного дефицита // Бюлл. ГНБС. – 1980. - Вып. 1 (41). - С. 73-75.
2. Садівництво півдня України. – Запоріжжя: Дике поле – 2003. – 231 с.
3. Ерхов Н.С., Литвиненко А.Ф. Комплексная мелиоративная система для возделывания многолетних насаждений. - Сб.научн.тр. ВНИИГиМ

им.А.Н.Костякова /Надёжность и качество технологического процесса полива. М.,1988, с.140-144.

4. Руководство по проектированию оросительных систем синхронного дождевания (ВТР-11-32-81) – М., 1982 – 92с.

5. HarrisonD. Применение дождевания для регулирования микроклимата в садах. – Citrusind, 1975.

6. Базавлук В.А.Инженерное обустройство территорий. Мелиорация. / В. А. Базавлук. – Москва : Издательство Юрайт, 2016. - 139 с. URL: [https://studme.org/245494/ekologiya/inzhenernoe\\_obustroystvo\\_territoriy\\_melioratsiya](https://studme.org/245494/ekologiya/inzhenernoe_obustroystvo_territoriy_melioratsiya)

7. Голубченко В.Ф., Томчук Ю.В. Эффективность мелкодисперсного орошения сельскохозяйственных культур в Одесской области. – В кн.: Режимы орошения при прогрессивных способах полива и разработка АСУ технологическим процессом в мелиорации: Тез. докл. респ. конф. Кишинев, 1983, с. 60-61.

8. Кузин М.А. Применение мелкодисперсного дождевания в целях экономии оросительной воды. – В кн.: Повышение эффективности орошаемого земледелия на основе нормирования водопользования: Тез. докл. и выступ. респ. науч.-практ. конф. Кишинев, 1985, с. 79-80.

9. Титов М.Г. Секриеру Ф.Е. Перспективы применения мелкодисперсного дождевания для орошения овощных культур в условиях Молдавии. – В кн.: Режимы орошения при прогрессивных способах полива и разработка АСУ технологическим процессом в мелиорации: Тез. докл. респ. конф. Кишинев, 1983, с. 58-59.

10. Водяницкий В.И., Ключко П.В., Лянной А.Д. и др. Новые способы орошения садов и виноградников //под ред. Водяницкого В.И. – К.: Урожай, 1987 – 216 с.

11. Патент № 37138 «Спосіб поливу» / Горбач М.М., Караев О. Г., Тихонський С.Г., Черкун О.В., Русев О.Г.

12. Патент № 40338 «Система дрібнодисперсного дощування» / Горбач М.М., Караев О. Г., Тихонський С.Г., Черкун О.В., Русев О.Г.

13. Импульсное дождевание: технология и преимущества. URL: <https://agbz.ru/articles/impulsnoe-dozhdevanie-tekhnologiya-i-preimushchestva/>
14. Ларичев О.И. Наука и искусство принятия решений. – М.: Наука, 1979. – 200с.
15. Розен В.В. Цель – оптимальность – решение. Математические модели принятия оптимальных решений. – М.: Радио и связь, 1982. – 166с.
16. Кини Р.Л., Райфа Х. Принятие решений при многих критериях: замещения и предпочтения. – М.: Радио и связь, 1981. – 560с.
17. Фишберн П. Теория полезности для принятия решений. М.: Наука, 1978. – 287с.
18. Караев А.И. Модель принятия решений для формирования комплексов машин в садоводстве / А.И. Караев // Науковий вісник Національного аграрного університету, 2003. – Вип. 60. – С.349-353.
19. Сторчоус В.Н., Панасенко И.Н. Повышение эффективности использования поливной воды в интенсивных насаждениях персика и груши. *Актуальные проблемы повышения эффективности использования орошаемых земель*: сб. 1985. С.101-102.
20. Ермаков Е.И., Мелещенко С.Н., Радченко С.С. Фитомониторинг. Современные проблемы и перспективы. *Сельскохозяйственная биология: Сер. биология растений*. 2002. №3. С.25-35.
21. Черняева Е.В. Фитомониторинг в исследованиях сельскохозяйственных растений: автореф. дис. канд. биол. наук: 06.01.03. Агрофизический научно-исслед. ин-т. Санкт-Петербург. 2002. 30 с.
22. Яблонский Е.А. Взаимосвязь физиологических процессов и сопряженность их с внешней средой у растений с различной степенью зимостойкости. *Труды ГНБС*. 1974. Т. LXIV. С. 5-16.
23. Ashcroft G.L., Richardson E.A., Seeley S.D. A statistical method of determining chill unit and growing degree hour requirements for deciduous fruit buds. *Hort. Sci.* 1977. Vol.12. P. 347-348.

24. Франс Дж., Торнли Х.М.. Математические модели в сельском хозяйстве / Дж. Франс; пер. с англ. А.С. Каменского; под. ред. Ф.И. Ерешко. Москва: Агропромиздат, 1987. 400 с.

25. Одинцова В.А. Фітомоніторинг водного і температурного режиму абрикоса та персика. *Науковий вісник НУБіП України*. Вип..180. 2012. С.178-181.

26. Кушниренко М.Д., Курчатова Г.П., Крюкова Е.В.. Методы оценки засухоустойчивости плодовых растений. Кишинев: Штиинца, 1975. 21 с.

27. Иванов Л.А. К методике определения транспирации на срезанных побегах. *Ботанический журнал*. 1959. Т.41. №3. С. 216-220.

28. Крамер Пол Д., Козловский Теодор Т. Физиология древесных растений / Пер. с англ. Москва: Лесная промышленность, 1983. 464 с.

## **ПІДПРОГРАМА 4. СТВОРЕННЯ МЕХАНІЗОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ З ПЕРЕТВОРЕННЯ ВІДНОВЛЮВАНИХ РЕСУРСІВ ПЛОДОВИХ НАСАДЖЕНЬ В ЕНЕРГОПРОДУКТ**

Керівник – к.т.н., доцент каф. ТМКП **Бондаренко Л.Ю.**

Виконавці – д.т.н., ст.наук.співр. зав.каф. СГМ. **Караєв О.Г.**,

к.т.н., доцент каф. ОПХВ **Стручаєв Н.І.**,

к.т.н., доцент каф. ТМКП **Вершков О.О.**,

аспірант кафедри ТКМ **Панков Р.О.**

### **4.1 Актуальність теми дослідження**

В умовах дефіциту в Україні традиційних джерел енергії потреби в ній значною мірою можуть бути задоволені за допомогою нетрадиційних носіїв.

Галузевою програмою розвитку садівництва України на період до 2025 року передбачено збільшення площ, зайнятих під садами, на 4,5%. Тобто прогнозоване середнє збільшення площ закладання садів щороку має дорівнювати 5 тис. га. За останніми даними площі, зайняті під садами складають приблизно 99,2 тис. га. Щороку здійснюється обрізання дерев, для покращення плодоношення саду, а зрізані гілки плодкових дерев можуть бути використані в якості енергопродукту, а саме у якості твердого біопалива.

Використання деревних відходів крім економічних завдань порушує ще й глибокі екологічні проблеми – охорону навколишнього середовища.

На даний час утилізацію зрізаних гілок, як правило, здійснюють спалюванням на відкритому повітрі. Це призводить до переобтяження довкілля, порушує норми екологічної безпеки, а також відбувається втрата цінної рослинної сировини – деревної біомаси.

Зрізані гілки (ЗГ) дерев плодкових культур є побічною продукцією садівництва, а в сучасному виробництві плодової продукції України є викидом.

Зрізані гілки можна віднести до відновлюваного ресурсу (ВР), який може бути перетворений в енергопродукт такий як паливні брикети. Енергетичний потенціал зрізаних гілок плодкових насаджень в Україні складає  $8 \cdot 10^6$  ГДж. Середнє значення біомаси ЗГ з одного гектара плодового саду дорівнює 7,9 т, теплота згорання якого складає 10,2 МДж/кг.

Практичне використання даного енергетичного потенціалу стримується із-за недостатнього наукового обґрунтування щодо розроблення ефективних технологій використання визначеного виду відновлюваного ресурсу для вироблення енергопродукту.

В садівництві щорічно проводиться обрізування дерев, після якої в саду залишається багато зрізаних гілок, які є потенційним носієм тепла. Одним із енергозберігаючих способів утилізації даного відновлюваного ресурсу є виробництво брикетів з використанням їх у якості біопалива з поверненням попопу в сади як добрива. Продукти згорання зрізаних гілок мають малий вміст сірки порівняно із вугіллям, що є важлив з точки зору охорони навколишнього середовища.

Шляхом постачання плодової продукції на зовнішній ринок є процедура сертифікації всіх процесів виробництва продукції за стандартом GLOBALG.A.P., яким визначено, що відходи компостують і застосовують для поліпшення ґрунту в садах, а методи компостування мають гарантувати відсутність ризиків для навколишнього середовища. Найбільш широко застосовується компостування відходів в буртах певного розміру. Від швидкості злежування тріски і розкладання маси, що компостується, залежить співвідношення загальної поверхні бурта до його розмірів поперечного перерізу.

Тому розробка технології отримання компактних видів твердого палива та компосту на підприємствах плодового садівництва та розсадництва є актуальною проблемою і потребує проведення цілої низки наукових досліджень.



## **4.2 Методика проведення та програма досліджень**

### **4.2.1 Програма експериментальних досліджень**

Питання виробництва енергії на базі деревини є одним з невід'ємних елементів управління господарствами садівництва і використання деревини. Зрізані гілки плодкових дерев відіграють важливу роль як джерело відновлюваних ресурсів, яке може бути використано в якості енергопродукту.

Використання енергоносіїв на базі деревини може мати позитивні наслідки для екології навколишнього середовища при цьому виділення вуглецю з біомаси знижує чистий обсяг його викидів в атмосферу. Енергоносії на базі деревної біомаси можуть бути легко пристосовані для використання з метою виробництва тепла невеликими побутовими установками як на садівничих підприємствах так і в інших дрібних господарствах.

Використання деревної біомаси, а саме зрізаних гілок плодкових дерев як тверде біопаливо, потребує вивчення розмірно-масових параметрів тріски та способів формування паливних брикетів.

Програмою досліджень було передбачено:

- провести патентні дослідження і вивчити сучасні технології брикетування деревних відходів;
- визначити розмірно-масові показники подрібнених гілок плодкових дерев;
- провести брикетування та визначити енергетичні показники процесу;
- визначити теплові показники брикетів.

### **4.2.2 Характеристика об'єкту досліджень та умови проведення дослідів**

Об'єктом досліджень є технологічний процес подрібнення зрізаних гілок та брикетування подрібнених гілок плодкових дерев.

Першим етапом процесу брикетування є підготовчий етап, під час якого відбувається подрібнення сировини і його сушка. Сировиною для отримання брикетів може бути деревна тирса і деякі більш крупні частини відходів деревини, такі як тріска (рис. 4.1).

Для успішної реалізації підготовчого етапу використовували лабораторний подрібнювач гілок з роторно-ножовим ріжучим апаратом.



Рисунок 4.1 – Сировина для отримання брикетів.

Подрібнювач проводить первинну обробку вороху зрізаних гілок та доводить його до однакової консистенції. Технологічний процес подрібнення складається із наступних операцій: завантаження бункеру вихідним матеріалом, подавання його на подрібнення, подавання подрібненого матеріалу із камери подрібнення в камеру розподілення, розподіл його на фракції, вивантаження отриманих фракцій, накопичення і повертання неякісно подрібнених фракцій в камеру подрібнення, вивантаження готової продукції. У якості подрібнювача зрізаних гілок було використано комбінований роторно-ножовий ріжучих апарат конструкція якого, об'єднує два ступені подрібнення: різання і розплющування, при чому розплющення виконує ще дві функції: є рухомим протирізом і забезпечує додаткове руйнування деревини.

Потужність даної установки становить 2,3 кВт, а питома потужність складає 30,5 кВт.год/т. Установка дозволяє зменшити об'єм вороху зрізаних гілок приблизно у 10 разів. Продуктивність установки складає 0,37 м<sup>3</sup>/год.

В основі технології виробництва паливних брикетів лежить процес пресування шнеком дрібно подрібнених відходів деревини (тирси, або тріски) під високим тиском. Одержані паливні брикети не включають в себе ніяких зв'язувальних речовин, крім одного натурального - лігніну, що міститься в клітинах рослинних відходів. При використанні тріски зрізаних гілок можливе додавання сполучних елементів – зв'язуючи речовин.

Температура, присутня при пресуванні, сприяє оплавленню поверхні брикетів, яка завдяки цьому стає більш міцною, що важливо для транспортування брикетів. Брикетування проводилося на лабораторному устаткуванні. Подрібнені гілки засипали в матрицю та стискали пуансоном. Матриця та пуансон мали різну геометричну форму та розміри. Даний прес вимагає підготовки сировини з додаванням сполучної речовини.

#### **4.2.3 Методика визначення розмірно-масових показників подрібнених гілок плодкових дерев**

При виробництві паливних брикетів сировина повинна бути однакової фракції, 5-10 мм в довжину. Краще використовувати тверді сорти деревини - їх теплотворність вище. Як наслідок - і теплотворність брикетів буде вищою.

Об'єктом досліджень була тріска зрізаних гілок плодкових дерев.

Як сировина для виготовлення брикетів використовували зрізані гілки плодкових дерев. При цьому треба зазначити, що: груша – є найбільш м'якою породою деревини, а абрикос – більш жорстка порода плодової деревини.

Елементи обліку: лінійний розмір, вага, кількість.

Обладнання для проведення дослідів: штангенциркуль, лінійка, ваги, сита.

Для досліджень відбирали 10 проб кожного сорту та сортували їх на групи за довжиною гілок (табл.4.1).

Отримані групи гілок підлягають зважуванню, після чого визначали кількість елементів у кожній групі та фракційний склад.

Таблиця 4.1

Діапазон розмірів зрізаних гілок для групи досліджень

№ групи	I	II	III	IV	V
Довжина гілок l, мм	0-10	10-25	25-40	25-40	Більше 40

Кількість кожної фракції визначається коефіцієнтом розділення, який виражається у відсотках маси:

$$R = \frac{m_i}{\sum_{i=1}^4 m_i}, \quad (4.1)$$

де  $m_i$  – маса елемента ( $\Gamma$ ), яка визначається за формулою:

$$m_i = \frac{M_i}{n_i}, \quad (4.2)$$

де  $n_i$  – кількість елементів у кожній групі;

$M_i$  – маса кожної групи, г.

Результати досліджень обробляли методом варіаційної статистики. Дослідження по вивченню розмірно-масових характеристик зрізаних гілок проводились відповідно графіка обрізування дерев.

#### 4.2.4 Методика визначення розмірно-масових характеристики зрізаних гілок плодкових дерев

Об'єктом досліджень були зрізанні гілки дерев яблуні, груші, черешні, персика, абрикосу і сливи. Дослідження проводились у науково-дослідному інституті зрошуваного садівництва у відповідності з графіком обрізання дерев. Досліджуванню підлягали шість порід плодкових дерев по два сорти у кожному варіанті. У варіантах досліду враховувалось по 20 дерев, що забезпечило надійність досліду 0,9 з відносною похибкою 0,4.

Елементи обліку: довжина гілки, діаметр проекції гілки на горизонтальну площину, найбільший і найменший діаметри, маса зрізаних гілок по групам відповідно до їх діаметрів.

Обладнання для проведення досліду: рулетка, штангенциркуль, ваги.

Для досліджень відбирали 10 проб кожного сорту та сортували їх на групи за діаметром гілок (табл.4.2).

Таблиця 4.2

Діапазон розмірів зрізаних гілок для групи досліджень

№ групи	I	II	III	IV	V	VI
Діаметр гілок $d$ , мм	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-80

Отримані групи гілок підлягають зважуванню, після чого проводиться обмірювання геометричних параметрів зрізаних плодкових гілок.

Визначення вологості зрізаних плодкових гілок проводили за формулою:

$$\varphi = \frac{m_{H_2O}}{m_{с.н.}} \cdot 100\%,$$

де  $\varphi$  – вміст води ( $H_2O$ ) в об'ємі зрізаної деревини, %

$m_{H_2O}$  – вага води, г

$m_{с.н.}$  – вага сирі наважки, г

Результати досліджень обробляли методом варіаційної статистики.

#### 4.2.5 Методика визначення окремих фізико-механічних властивостей суміші, що компостується.

Гігроскопічності добрива можна оцінити величиною кута природного укосу, яка визначає ступінь зчеплення компонентів суміші, що компостується.

Об'єктом досліджень була суміш, що компостується двох видів:

- Рослинні відходи (50%) + курячий послід (50%);
- Рослинні відходи (20%) + пташиний послід (20%) + тріска зрізаних гілок плодкових дерев (60%).

Елементи обліку: вологість компосту, розміри частинок компосту, кут нахилу утворюючої конусу висипаного компосту.

Враховували розміри часточок суміші п'яти груп (табл.4.3):

Таблиця 4.3

Розміри часточок суміші, що компостується

Групи	I	II	III	IV	V
Розміри, мм	До 0,25	0,25-1,0	1,0-3,0	3,0-5,0	Більше 5,0

Дослідження гігроскопічності проводились у трикратній повторності.

### 4.3. Результати досліджень

#### 4.3.1 Вивчення розмірно-масових показників тріски зрізаних гілок плодових дерев

Метою досліджень було встановити фракційний склад тріски зрізаних гілок плодових дерев для визначення фракції яка буде використана для виготовлення брикетів та забезпечить їх механічні властивості.

Установка для подрібнення гілок дозволяє подрібнювати зрізані гілки плодових дерев діаметром до 40-50 мм на тріску розміром 6-30 мм. Потужність установки становить 1,33 кВт, продуктивність роботи установки складає 0,37м<sup>3</sup>/кг. В результаті подрібнення отримані зразки тріски розділили на чотири розмірних групи за довжиною (табл. 4.4), для яких проводили визначення масових характеристик.

Таблиця. 4.4

Фракційний склад тріски зрізаних гілок плодових дерев

Групи	I	II	III	IV
Довжина, мм	до 10	10-25	25-40	більше 40

Методикою досліджень передбачено дослідження розмірно-масових характеристик із застосуванням методики 10-ти проб. Для досліджень застосовували тріску вологістю 9,7%. Результати визначення вагових показників тріски за чотирма групами розмірів наведено в таблиці 4.5.

Таблиця. 4.5

## Розмірно-масові характеристики тріски.

№№ пп	Вага проби	I група		II група		III група		IV група	
		Вага, г	%	Вага, г	%	Вага, г	%	Вага, г	%
1	96,2	5,8	6,0	11,9	19,6	21,5	22,3	50	52
2	127,4	10,1	7,9	24,6	19,3	32,3	25,3	60,4	47,4
3	111,5	19,4	17,4	39,4	35,3	19,5	17,5	33,2	29,8
4	103,3	5,3	5,1	15,5	15,0	28,8	27,9	53,7	52,0
5	112,5	19,8	17,6	27,4	24,5	31,3	27,8	34	30,3
6	132,7	25,7	19,4	37,8	28,5	44,9	33,8	24,3	18,3
7	112,3	9,0	8,0	24,7	22	35,7	31,8	42,9	38,2
8	108,3	9,3	8,6	22,5	20,8	31,3	28,9	45,2	41,7
9	114,2	22,9	20	31,3	27,4	25,5	22,3	34,5	30,3
10	120,2	11,5	9,6	3,3	27,4	40,5	33,7	34,2	29,3
<b>Σ</b>	<b>1131,6</b>	<b>138,8</b>		<b>268,1</b>		<b>311,3</b>		<b>413,4</b>	
<b>Середнє значення</b>		<b>25,2</b>	<b>12,3</b>	<b>43,3</b>	<b>23,7</b>	<b>56,6</b>	<b>27,5</b>	<b>75,0</b>	<b>36,5</b>

Середні значення показників ваги кожної проби по кожній групі у грамах та у відсотках наведено на рисунку 4.2. Отримані дані свідчать про те, що крупні фракції тріски зрізаних гілок плодових дерев (III і IV групи) становлять майже 2/3 від загального об'єму матеріалу.

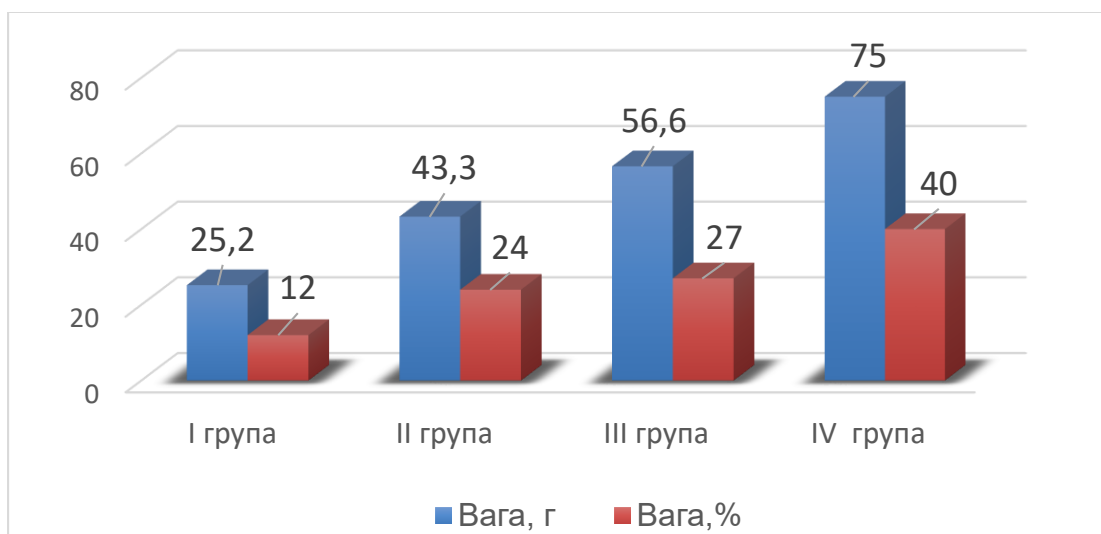


Рисунок 4.2 – Масові характеристики тріски по 4-ох групах розмірів.

Переробка вороху зрізаних гілок у тріску дозволяє зменшити об'єм матеріалу більше ніж у 10 разів, що спрощує процес транспортування та зберігання.

Для визначення середньої ваги однієї частинки тріски по кожній групі було проведено дослідження, які дозволили встановити кількість часток у одній порції зважування. Дослідження проводили у 6-ти кратній повторюваності. Вологість тріски на момент проведення замірювань становила 9,7%. Вагу однієї частинки тріски  $m_{\text{ср}}$  визначали як відношення загальної ваги тріски по кожній групі розмірів до кількості часточок, які знаходились у відповідній групі:

$$m_{\text{ср}} = \frac{\sum m_i}{\sum n_i}, \quad (4.3)$$

де  $m_i$  – загальна маса тріски кожної фракції, г

$n_i$  – загальна кількість часточок у досліджуваній масі тріски по кожній фракції, шт

Результати визначення ваги однієї частинки тріски по кожній групі розмірів наведені у таблиці 4.6.

Таблиця 4.6

#### Масові характеристики часточок тріски по кожній розмірній групі

групи Показник № досл.	I		II		III		IV	
	Вага, г	Кількість шт.	Вага, г	Кількість шт.	Вага, г	Кількість шт.	Вага, г	Кількість шт.
1	11,5	550	33	154	40,5	69	35,2	39
2	22,9	1100	31,3	195	25,5	54	34,5	28
3	9,3	239	22,5	108	31,3	59	45,2	38
4	19,8	984	28,4	138	31,3	63	34	30
5	25,7	1261	398	198	44,9	84	24,3	19
6	9	432	25,7	119	35,7	76	42,9	35
$\Sigma$	<b>98,2</b>	<b>4556</b>	<b>180,7</b>	<b>912</b>	<b>209,2</b>	<b>405</b>	<b>216,1</b>	<b>189</b>
$m_{\text{ср}}$ , Г	<b>0,02</b>		<b>0,2</b>		<b>0,52</b>		<b>1,14</b>	



Для наочного представлення результатів досліджень побудовано гістограму розподілу значень середньої маси однієї частинки по кожній розмірній групі, яка наведена на рисунку 4.3.

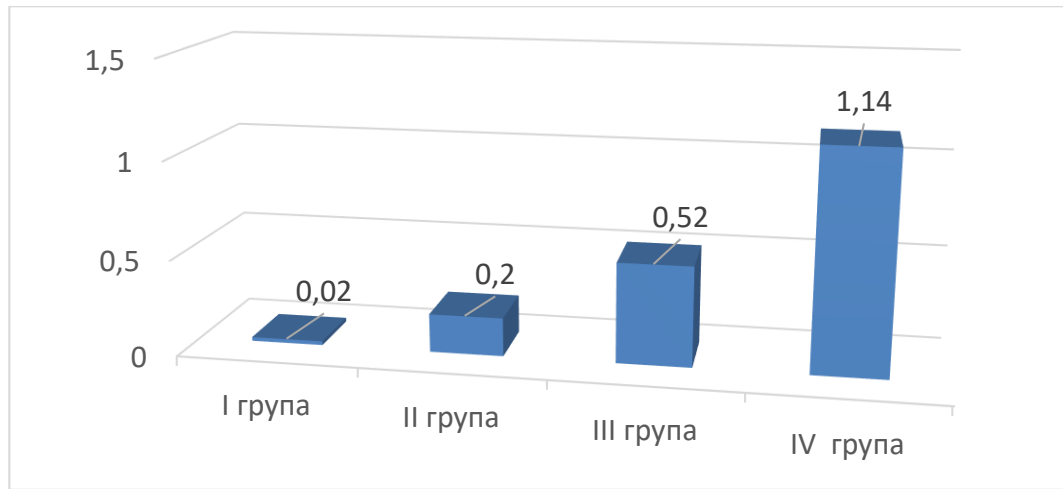


Рисунок 4.3 – Гістограма розподілу значень середньої маси однієї частинки по кожній розмірній групі

В результаті досліджень встановлено, що найменша вага частинки становить у фракції 1-ої групи розміру, а найбільша – у фракції 4-ої групи розміру, при чому різниця між вагою частинок становить: маса частинки у 4-ій групі більша у 57 разів за масу частинки з 1-ої групи.

Що стосується кількості часточок в досліджуваній партії по кожній групі, то тут картина дещо інша. Із аналізу таблиці 3.3 видно, що кількість часточок в кожній фракції має інший розподіл по групам (рис. 4.4).

Встановлено, що найдрібніша фракція, I група розміру, має найбільшу кількість часточок  $n_1 = 4556$  шт, але середня вага партії тріски становить найменше значення  $m_1 = 98,2$ г. При цьому найкрупніша фракція, IV група, має найменшу кількість часточок  $n_4 = 189$  шт, але середня вага партії тріски має найбільше значення  $m_4 = 216,1$  г.

Звідси цілком справедливо, що вага однієї частинки буде найменшою для I групи  $m_{cp1} = 0,02$ г і найбільшою для IV групи  $m_{cp4} = 1,14$  г.

Із рисунку 4.4 видно, що кількість часточок тріски у відсотках для кожної фракції буде такою: I група – 75%; II група – 15%; III група – 6,7%; IV група – 3,3%.

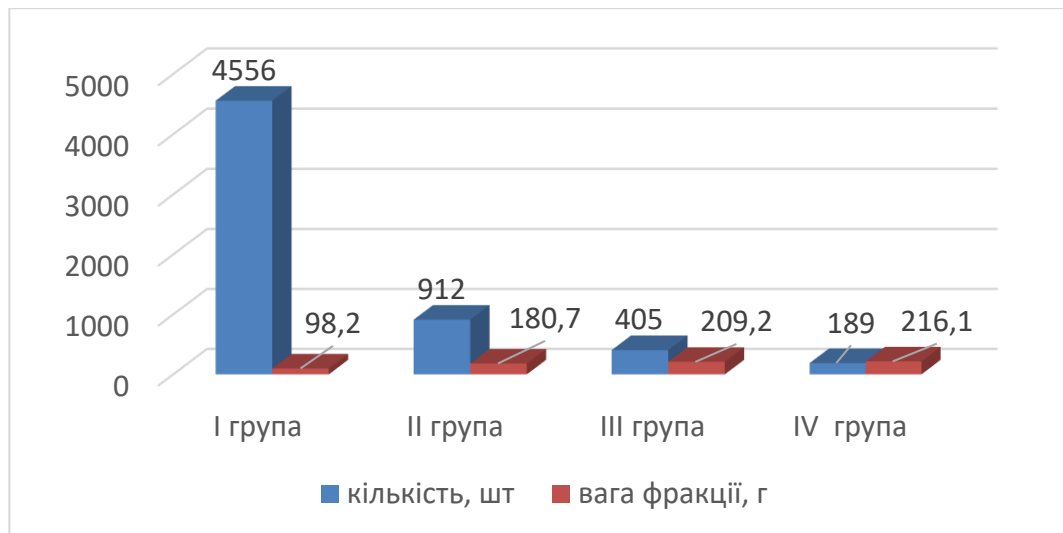


Рисунок 4.4 – Гістограма розподілу кількості часточок і ваги кожної партії по кожній розмірній групі відповідно.

Проведені дослідження розмірно-масових характеристик дозволили встановити, що фракційний склад тріски зрізаних гілок плодових дерев значно змінюється в залежності від досліджуваної партії тріски. Для крупної фракції (III і IV групи) кількісний склад тріски становить лише 10% від загальної кількості, але на нього припадає найбільша вага – 60%.

Також встановлено, що для виготовлення брикетів слід використовувати тріску I групи, як такої, що має здатність добре піддаватись пресуванню з достатньо гарним виділення склеювальної речовини – лігніну. Тому оптимальним має бути довжина тріски 10 мм.

#### 4.3.2 Розмірно – масові характеристики зрізаних гілок плодових дерев

Як було зазначено в попередніх розділах, вагомою характеристикою отримання якісного компосту є розміри тріски плодової деревини. Для дослідження цього питання було вивчено розмірно –масові характеристики зрізаних гілок плодових дерев при звичайному обрізуванні та при обрізуванні частково омолодженого саду. Для досліджень використовували гілки з таких плодових дерев, як груша, черешня, абрикос, персик, яблуня, слива. Дані про розподіл діаметрів в місці зрізання наведені в таблиці 4.7.

Таблиця 4.7

Розподіл значень діаметрів зрізаних гілок досліджуваних культур, %

№п/п	Порода	Діаметри гілок, мм					
		До 10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60
1	Груша	13	38	40	9	-	-
2	Черешня	10	19	27	20	16	8
3	Абрикос	39	44	15	2	-	-
4	Персик	12	13	27	37	11	-
5	Яблуня	7	13	30	11	15	24
6	Слива	19	33	17	19	12	-
<b>Середнє значення,%</b>		<b>16,7</b>	<b>26,7</b>	<b>26,0</b>	<b>16,3</b>	<b>13,5</b>	<b>16,0</b>

Із таблиці 4.7 видно, що практично для всіх культур найбільша кількість гілок припадає на гілки з діаметрами від 10 до 30 мм. Але для абрикоса, найбільша кількість припадає на гілки з діаметрами від 10 до 20 мм, а для персика від 20 до 40 мм.

За даними таблиці 3.1 побудовано гістограми розподілу значень зрізаних гілок по діаметрам, які наведено на рисунках 4.5-4.10.

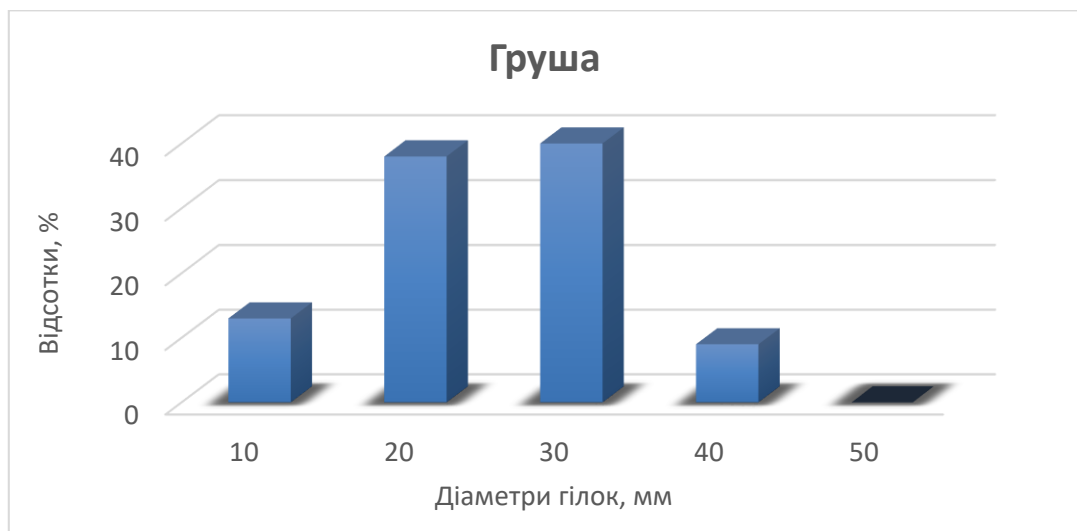


Рисунок 4.5 – Гістограми розподілу кількості зрізаних гілок груші по діаметрам.



Рисунок 4.6 – Гістограми розподілу кількості зрізаних гілок черешні по діаметрам.

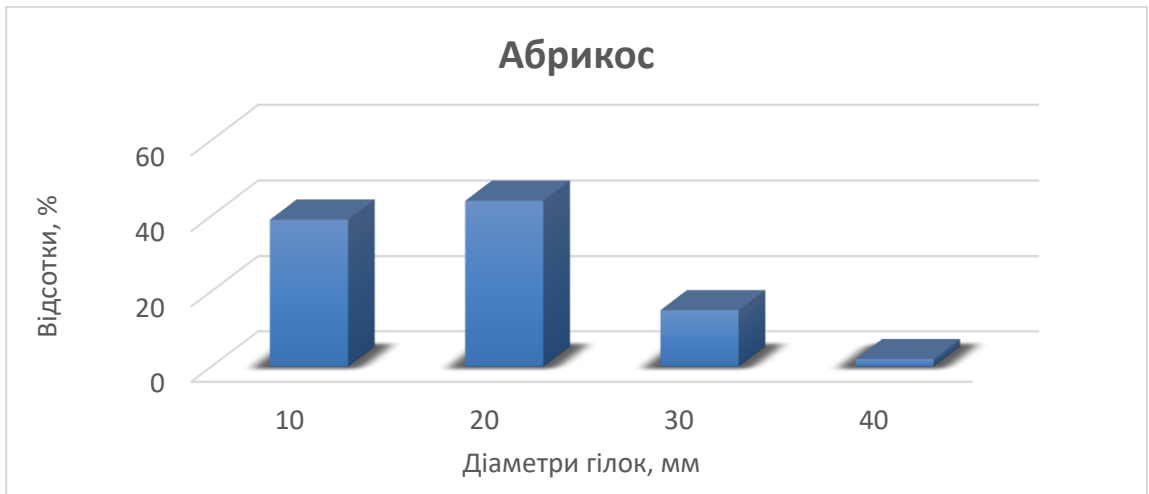


Рисунок 4.7 – Гістограми розподілу кількості зрізаних гілок абрикоса по діаметрам.



Рисунок 4.8 – Гістограми розподілу кількості зрізаних гілок персика по діаметрам.

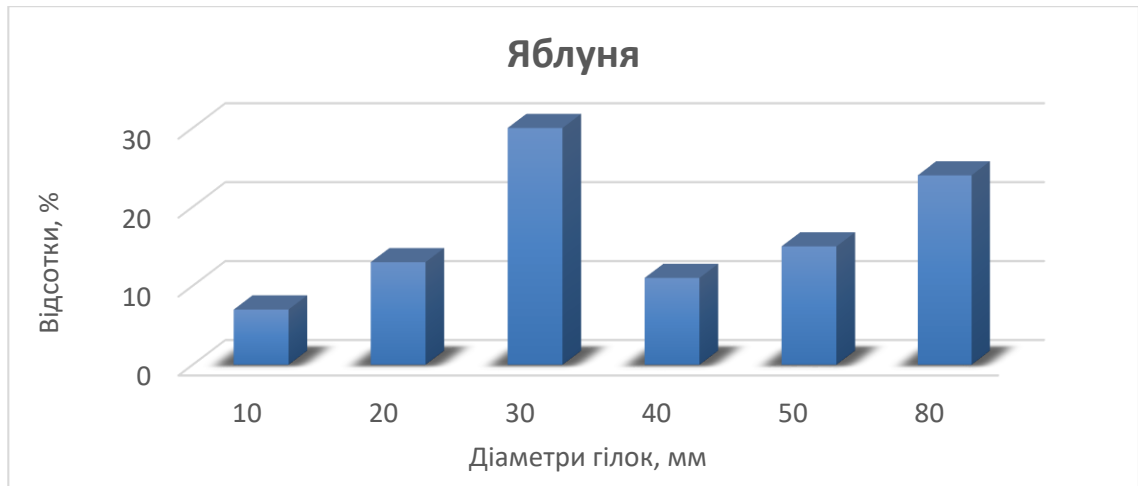


Рисунок 4.9 – Гістограми розподілу кількості зрізаних гілок яблуні по діаметрам.

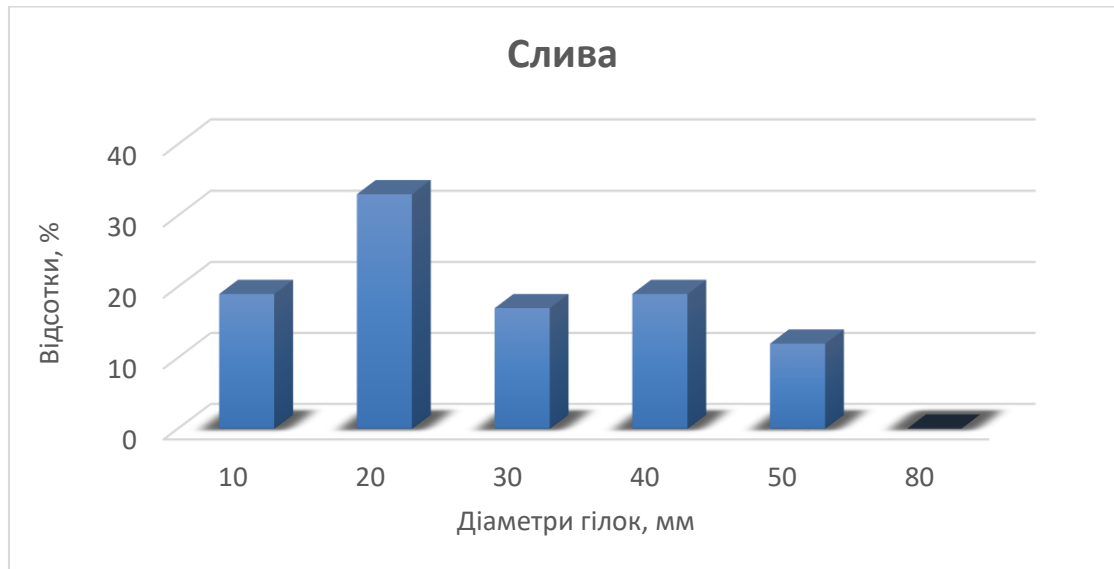


Рисунок 4.10 – Гістограми розподілу кількості зрізаних гілок сливи по діаметрам.

Аналіз отриманих гістограм дозволив встановити, що найбільш рівномірно розподілені гілки у черешні (рис.3.1-3.6), при цьому найбільша їх кількість (27%) знаходиться в інтервалі від 20 до 30 мм.

Дані, які характеризують склад об'єму зрізаних гілок по довжині гілки і діаметру проєкцій наведені в таблиці 4.8.

Із таблиці 4.8 видно, що найбільша довжина гілок припадає на гілки з діаметрами від 50 до 80 мм, середня довжина яких складає  $L = 320$  см. Мінімальна довжина у гілок персика  $L = 207$  мм з діаметром від 50 до 80 мм.

Таблиця 4.8

Значення діаметрів проєкцій  $D$  (мм) і довжини  $L$  (см) зрізаних  
гілок плодкових дерев

№ п/п	Порода	Діаметри гілок, мм											
		до 10		10-20		20-30		30-40		40-50		50-80	
		$L$	$D$	$L$	$D$	$L$	$D$	$L$	$D$	$L$	$D$	$L$	$D$
1	Яблуня	45	18	68	39	113	62	154	82	170	115	294	224
2	Груша	84	15	83	34	105	47	159	82	-	-	-	-
3	Черешня	65	22	119	73	192	120	169	92	274	165	320	182
4	Абрикос	110	20	155	78	188	89	208	126	-	-	-	-
5	Персик	112	34	92	51	135	92	203	154	177	100	207	134
6	Слива	74	17	108	33	142	63	-	-	208	124	260	107
<b>Середнє значення</b>		<b>78</b>	<b>32,5</b>	<b>104</b>	<b>50</b>	<b>145</b>	<b>78</b>	<b>178</b>	<b>89</b>	<b>138</b>	<b>84</b>	<b>130</b>	<b>109</b>

Максимальна довжина гілок припадає на яблуню та складає 294 см. При мінімальних діаметрах до 10мм найбільша довжина гілок припадає на гілки абрикоса і персика  $L = 110$ см. Найменша довжина гілок припадає на яблуню і складає 45 см при діаметрах до 10 мм.

Як що оцінювати за середньою величиною довжини, то найбільша довжина гілок  $L_{cp} = 178$  см припадає на гілки з діаметром 30-40 см.

Результати визначення вагових показників, що характеризують вихід об'єму деревних відходів побічної продукції садівництва з 1 гектара плодового саду наведені в таблиці 4.9. При цьому середнє значення вологості деревини гілок під час вимірювання дорівнювала 43,5%.

З таблиці видно, що при частковому омолодженні плодкових дерев найбільша маса зрізаних гілок припадає на сливу сорту Ренклюд Альтана – 238,1 ц/га, а найменша на яблуню Голден Делішес – 64,1 ц/га. При звичайному обрізуванні найбільший вихід має персик сорту Київський ранній – 46,5 ц/га, а найменший - груша Любимиця Клапа (17,9 ц/га).

Таблиця. 4.9

## Вагові характеристики зрізаних гілок плодових дерев.

№ п/п	Порода, сорт	Схема садіння	Спосіб обрізки	Вік дерев, рік	Вага деревини, ц /га
1	Черешня Іюньська рання	6x7	звичайний	19	28,8
2	Абрикос Мелітопольський ранній	6x7	звичайний	15	25,3
3	Персик Київський ранній	5x4	звичайний	14	46,5
4	Слива Ренклод Альтана	6x3	омолод.	14	238,1
5	Яблуня Ренет Симиренко	4x3	омолод.	21	138,8
6	Яблуня Голден Делішес	4x3	омолод.	21	64,1
7	Груша Любимиця Клапа	6x7	звичайний	12	17,9
	<b>Середнє значення</b>			16,6	<b>79,6</b>

Середній вихід обрізаних гілок з плодового саду, при тому, що вік дерев становить 12-21 років, складає 79,6 ц /га, або 7,96 т/га.

Вагова характеристика наведених порід і сортів дасть змогу розраховувати орієнтовний (у разі необхідності усереднений) об'єм деревини, яка утворюється в результаті обрізання дерев в садах. Отже, це дасть змогу визначити кількість деревини, яка підлягає перетворенню в енергопродукту для забезпечення умов сертифікації згідно зі стандартом Global G.A.P., у даному випадку на компостування, що, в свою чергу, є основним вхідним показником до розрахунку кількості побічної продукції садівництва, яка підлягає утилізації.

### 4.3.3 Вивчення теплових властивостей брикетів.

Визначення швидкості горіння брикетів проводили шляхом спалювання брикетів у твердопаливному котлі опалення, який вже був розпалений і розігрітий до звичного режиму. Визначався час від моменту вкидання до повного згорання. Із за нестабільності отриманої висоти брикета, об'єм брикета варіювався у незначних межах. Дослідження проводили у 10-ти кратній повторюваності.

Швидкість згорання брикетів визначали так:

$$\tau = \frac{V}{t} \quad (4.4)$$

де  $V$  – об'єм брикету,  $\text{дм}^3$

$t$  – час горіння, с

Результати розрахунку швидкості згорання приведені в таблиці 4.10.

Із аналізу отриманих даних випливає, що на швидкість згорання брикетів практично не впливає його об'єм.

Таблиця 4.10

Визначення швидкості згорання брикетів

№п/п	$V, \text{дм}^3$	$t, \text{с}$	$\tau \cdot 10^{-3}, \text{дм}^3/\text{с}$
1	0,22	610	0,36
2	0,38	960	0,39
3	0,38	900	0,42
4	0,352	1080	0,32
5	0,314	840	0,37
6	0,304	785	0,39
7	0,342	900	0,38
8	0,29	850	0,34



9	0,304	870	0,35
10	0,342	900	0,38
<b>Середнє</b>	<b>0,32</b>	<b>869,50</b>	<b>0,37</b>

Визначимо середнє значення швидкості горіння брикета, користуючись даними таблиці 4.10:

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{0,32}{869,5} = 0,368 \cdot 10^{-3} \text{ дм}^3/\text{с}$$

Отримана швидкість згорання задовольняє умови використання паливних брикетів, виготовлених із тріски зрізаних гілок плодкових дерев.

Із отриманих даних встановлено, що за 1 годину можна спалити об'єм брикетів, що становить 1,3 дм<sup>3</sup>. А отже такі витрати твердого палива на опалення складських, побутових та приватних приміщень буде економічно та екологічно вигідним.

Визначення теплоти згорання брикетів, що виділяється при повному згорянні палива. Калорійність є кількість енергії у вигляді тепла, коли паливо піддається повному згорянню з киснем.

Зручніше теплотворну здатність оцінювати за величиною питомої теплоти згорання ( $q$ ) – кількість теплоти, що виділяється у разі повного згорання одиниці маси твердого палива.

Питома теплота згорання визначається за формулою:

$$q = \frac{Q}{m} \quad (4.5)$$

де  $q$  – теплота згорання, Дж/кг;

$Q$  – кількість теплоти, яка виділилась при згоранні, Дж;

$m$  – маса спаленого брикета, кг

Спалювання проводиться в пристрої для спалювання. Тепло, яке виділиться, йде на нагрівання пристрою, води та атмосфери, тобто:

$$Q = Q_{\text{пр}} + Q_{\text{води}} + Q_{\text{втрат}}, \quad (4.6)$$

Оскільки кількість втраченої теплоти  $Q_{\text{втрат}}$  визначити не можливо, то треба робити порівняльний дослід, щоб виключити цю величину. Для цього спалюється певна кількість речовин, теплота згорання якої відома, а потім в таких самих умовах (зовнішня температура, час) спалюється така кількість брикетів, щоб температура води була однаковою.

Тоді будемо мати:

$$Q_1 = Q_2, \quad \text{або} \quad (4.7)$$

$$q_1 \cdot m_1 = q_2 \cdot m_2$$

де  $q_1, q_2$  – теплота згорання відповідно еталонної речовини та брикета, Дж/кг

$m_1, m_2$  – маса спаленої речовини еталонної та брикета, кг

Звідси отримаємо:

$$q_2 = \frac{q_1 \cdot m_1}{m_2} \quad (4.8)$$

За еталону речовину для визначення теплоти згорання брикетів були вибрані соснові дрова, питома теплота згорання яких відома і становить  $q_1 = 15$  МДж/кг (3582 ккал/кг). Спалено було 3 кг дров. При цьому вода нагрівалася до  $46^\circ\text{C}$ . Шляхом підбору було встановлено, що таку ж температуру дають 4,4кг брикетів.

Визначимо тепер питому теплоту згорання брикетів:

$$q_{\text{бр}} = \frac{q_1 \cdot m_1}{m_{\text{бр}}},$$

$$q_{\text{бр}} = \frac{15 \cdot 3}{4,4} = 10,2 \text{ МДж/кг}$$

У перерахунку на ккал/кг отримане значення питомої теплоти становитиме 2436 ккал/кг.

Співставляючи це значення зі значеннями теплотворної здатності паливних брикетів відомих виробників та інших видів палива встановлено, що виготовлені брикети задовольняють умовам отримання необхідної кількості теплоти для задоволення потреб населення в опалювальний період.

Брикети, які виготовлені з деревини зрізаних гілок плодкових дерев мають досить високу теплотворну здатність, що дозволить забезпечити високу продуктивність котла при низькій витраті палива. Крім того при спалюванні деревних брикетів утворюється дуже мало золи, тому котли на брикетах не дуже примхливі і потребують мінімум обслуговування.

Враховуючи, що переробка гілок на брикети потребує до 2 МДж/кг, а питома теплота згорання брикетів становить 10,2 МДж/кг, то впровадження такої технології утилізації побічної продукції садівництва є енергетично вигідним.

#### **4.3.4 Розробка термодинамічної моделі отримання добрив з тріски зрізаних гілок плодкових дерев**

Компостування це динамічний мікробний процес, що протікає завдяки активності співтовариства мікроорганізмів різних груп. У процесі компостування беруть участь понад 2000 видів бактерій і близько 50 видів грибів. Серед них зустрічаються психрофіли (оптимальна температура росту до 20 °С), мезофіли (від 20 до 40 °С) і термофіли (понад 40 °С). На останній стадії компостування переважають, як правило, мезофіли. За час протікання процесу компостування чисельність і видовий склад мікроорганізмів змінюється. В процесі деструкції рослинних субстратів різного походження зберігаються основні закономірності: зростання оліготрофності, ускладнення складу асоціації організмів і розширення субстратної специфічності видів.

На початку процесу компостування переважають аеробні термофільні бактерії, на наступних стадіях чисельність їх падає і збільшується популяція актиноміцетів, так як швидкість росту їх набагато менше, ніж бактерій і грибів.

Гриби відіграють важливу роль в деструкції целюлози, геміцелюлози і лігніну. Тому стан суміші, що компостується має регулюватися таким чином, щоб оптимізувати активність цих груп мікроорганізмів. Одним з основних факторів, що регулюють розвиток грибів, є температура, так як гриби гинуть, якщо вона піднімається вище 55 °С. Після зниження температури вони знову поширюються з більш холодних зон по всьому об'єму.

Після того як досягнуто максимальну температуру, компост, охолоджуючись, стає доступним для простих (одноклітинні організми) і ґрунтових тварин. Найпростіші, споживаючи мікроорганізми, регулюють їх чисельність. Ґрунтові тварини (черв'яки) вносять великий вклад в переробку матеріалу, що компостується завдяки його фізичному подрібненню, збільшуючи питому поверхню.

Кількість теплоти, що виділяється при біотермічному процесі, в основному залежить від концентрації органічних речовини в отриманому добриві, вологості компонентів суміші, кількісному співвідношенні компонентів суміші, стиглості суміші. На розкладання органічної речовини компосту окрім вищевказаних чинників також має значний вплив температурно-вологісний режим навколишнього середовища, терміни закладки компосту, надходження кисню повітря в бурт та розміри бурта.

Оскільки, в реальному процесі, трансформація тріски супроводжується втратою енергії, то рівняння теплового балансу необхідно представити відносно корисної енергії готового компосту у вигляді:

$$Q_2 = Q_1 - Q_3 - Q_4 - Q_5 - Q_6, \quad (4.9)$$

де  $Q_2$  – кількість корисної енергії в готовому компості, Дж;

$Q_1$  – вхідна кількість енергії тріски, Дж;

$Q_3$  – втрати енергії від хіміко-біологічних реакцій, Дж;

$Q_4$  – втрати енергії від нерівномірності подрібнення тріски, Дж;

$Q_5$  – втрати енергії з газоподібними продуктами, Дж;

$Q_6$  – втрати теплової енергії в навколишнє середовище, Дж.

Для зручнішого розв'язання рівняння теплового балансу відносно корисної енергії готового компосту (2.3) кількість теплоти в тепловому балансі доцільно привести до питомих величин:

$$q_i = \frac{Q_i}{m_i}$$

Тоді

$$q_2 = q_1 - q_3 - q_4 - q_5 - q_6, \quad (4.10)$$

де  $q_1, q_2, q_3, q_4, q_5, q_6$  – відповідні питомі величини складових теплового балансу, Дж/кг.

При існуючих засобах механізації формування буртів, їх зручніше представляти у вигляді циліндра з напівсферичними торцевими частинами. Схема конструкції бурта, яка використовувалась для визначення теплових втрат в процесі компостування графічно представлена на рисунку 4.11.

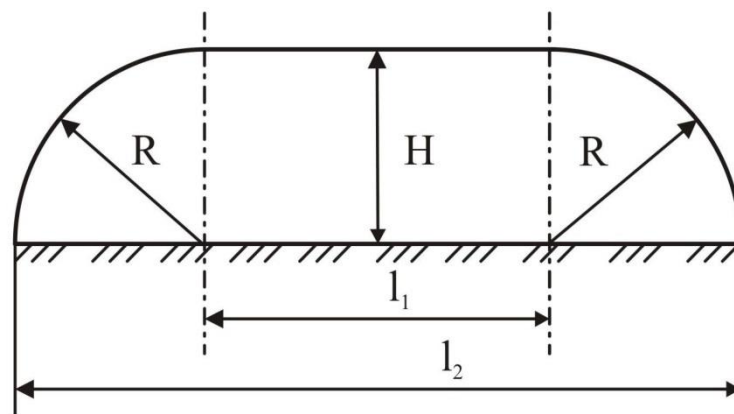


Рисунок 4.11 – Схема для визначення теплових втрат в процесі компостування тріски для циліндричної і напівсферичної частин бурта:  $H$  – висота циліндричної частини бурта;  $R$  – радіус сферичної частини бурта;  $l_1$  – довжина циліндричної частини бурта;  $l_2$  – загальна довжина бурта.

Для досліджень процесу компостування використовували суміш, склад якої містить, окрім тріски зрізаних гілок, листя і курячий послід. Схема теплоізоляції бурта по шарам наведена на рисунку 4.12.

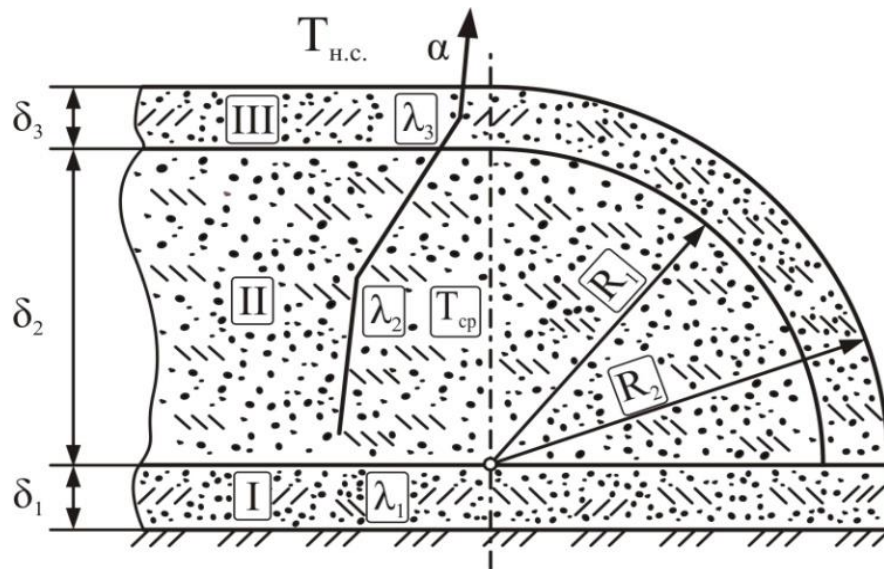


Рисунок 4.12 – Схема теплоізоляції бурта та процесу теплопередачі в циліндричній частині бурта: I – теплоізолюючий шар від поверхні ґрунту; II – шар, в якому відбуваються реакції (тріска); III – теплоізоляція від навколишнього середовища;  $R_1, R_2$  – радіуси бурта;  $\delta_1, \delta_2, \delta_3$  – товщини шарів;  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$  – коефіцієнти теплопровідності шарів компосту,  $T_{cp}$  – температура середньої частини бурта;  $T_{н.с.}$  – температура навколишнього середовища;  $\alpha$  – коефіцієнт тепловіддачі поверхні бурта.

За цією схемою проведено визначення значення коефіцієнта теплопередачі для циліндричної частини і для торцевих напівсферичних частин бурта.

У відповідності із формула для визначення коефіцієнта теплопередачі для циліндричної частини бурта  $k_\ell$  (Вт/(м<sup>2</sup>·К)) буде мати вигляд:

$$k_\ell = \left( \sum \frac{1}{2\lambda_i} \cdot \ln \frac{R_2}{R_1} + \frac{1}{2\alpha R_2} \right)^{-1}, \quad (4.11)$$

де  $\lambda_i$  – коефіцієнти теплопровідності шарів компосту, Вт/(м·К);

$R_1, R_2$  – радіуси середнього і зовнішнього шарів, м;

$\alpha$  – коефіцієнт тепловіддачі поверхні шару компосту, Вт/(м<sup>2</sup>·К).

А формула для визначення коефіцієнта теплопередачі для торцевих напівсферичних частин бурта  $k_{\text{сф}}$  буде мати вигляд:

$$k_{\text{сф}} = \left( \sum \frac{1}{4\lambda_i} \cdot \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) + \frac{1}{4\alpha_2 R_2^2} \right)^{-1}, \quad (4.12)$$

де  $\lambda_i$  – коефіцієнти теплопровідності, Вт/(м·К);

$R_1, R_2$  – радіуси бурта, м;

$\alpha$  – коефіцієнт тепловіддачі поверхні бурта, Вт/(м<sup>2</sup>·К).

Загальне значення радіусу бурта  $R$  можна знайти при наявності значень товщини нижнього і верхнього теплоізолюючого шару, а також товщини шару, в якому відбуваються реакції.

Термодинамічну модель процесу буртового способу компостування тріски плодової деревини можна розрахувати спільним розв'язанням рівнянь теплового балансу і теплопередачі. У відповідності до рівняння теплового балансу має вигляд:

$$Q^{mб} = m_1 \cdot c_1 \cdot (T_{2m} - T_{1m}) = m_2 \cdot c_2 \cdot (T_{2к} - T_{1к}), \quad (4.13)$$

де  $Q^{mб}$  – кількість теплоти в тепловому балансі, Дж;

$m_1$  – маса тріски, кг;

$m_2$  – маса готового компосту, кг;

$c_1$  – теплоємність тріски, Дж/(кг·К);

$c_2$  – теплоємність готового компосту, Дж/(кг·К);

$T_{1m}, T_{1к}$  – відповідно початкові температури тріски і компосту, К;

$T_{2m}, T_{2к}$  – відповідно кінцеві температури тріски і компосту, К;

Разом з тим рівняння теплопередачі має вигляд:

$$Q^{mn} = k \cdot F_б (T_{б \text{ сер}} - T_{\text{навк.сер}}) \cdot \tau, \quad (4.14)$$

де  $Q^{mn}$  – кількість теплоти під час теплопередачі від тріски в бурті до навколишнього середовища, Дж;

$k$  – коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м<sup>2</sup>·К);

$F_6$  – площа поверхні бурта, м<sup>2</sup>;

$T_{6\text{сер}}$  – середня температура тріски в бурті,  $T_{6\text{сер}} = 50^\circ\text{C}$ ;

$T_{\text{навк.сер}}$  – середня температура навколишнього середовища,

$$T_{\text{навк.сер}} = 6^\circ\text{C};$$

$\tau$  – час трансформації тріски (час компостування),  $\tau = 713,4$  год.

Для проведення розрахунків розглянемо рисунки 4.11 і 4.12 та прийнемо за коефіцієнт тепловіддачі поверхні бурта  $\alpha = 12$  Вт/(м<sup>2</sup>·К). Для формування сферичної частини бурта, відповідно до рисунка 4.12, прийнято такі радіуси  $R_1 = 1$  м,  $R_2 = 1,6$  м. При цьому товщина шарів складає  $\delta_1 = 0,1$  м,  $\delta_2 = 1,2$  м,  $\delta_3 = 0,3$  м; коефіцієнти теплопровідності  $\lambda_1 = 0,250$  Вт/(м·К),  $\lambda_2 = 0,545$  Вт/(м·К),  $\lambda_3 = 0,055$  Вт/(м·К). Загальна маса тріски для компостування складала  $m_1 = 10000$  кг.

Вирішення рівняння теплового балансу проведемо відносно корисної енергії готового компосту. Для зручності розв'язання цього рівняння перейдемо до рівняння та визначимо кількість теплоти в тепловому балансі відносно питомих величин.

Найбільший інтерес має величина  $Q_3$  – кількість теплоти, яка виділяється у результаті життєдіяльності мікроорганізмів, що призводить до саморозігрівання субстрату в бурті і прискоренню його переробки.

Для застосування буртового способу компостування у виробничих умовах необхідно визначити оптимальні параметри буртів.

Вирішимо рівняння теплопередачі підставляючи у його ліву частину кількість теплоти  $Q_3$  та виразимо формулу для визначення площі поверхні бурта:

$$F_6 = \frac{Q_3}{k \cdot (T_{\text{сп}} - T_{\text{нс}}) \cdot \tau}. \quad (4.15)$$

А довжину бурта, яка дозволить забезпечити оптимальну роботи бактерій можна визначимо розв'язавши рівняння теплового балансу відносно втрати теплової енергії в навколишнє середовище  $Q_6$  за формулою:



$$L_6 = \frac{Q_6}{(k_\ell + k_{\text{сф}}) \cdot (T_{\text{ср}} - T_{\text{нс}}) \cdot \tau + 2R_2}, \quad (4.16)$$

де  $R_2$  – радіус середнього шару бурта, м.

З теорії теплообміну відомо, що площа поверхні бурта буде різною для буртів з різними формами і найменшою буде для сфери (далі – циліндра). При існуючих засобах механізації формування буртів, їх зручніше представляти у вигляді півциліндра із сферичними торцевими частинами. Тоді можна уточнити площу бурта  $F_6$  з урахуванням формул для визначення коефіцієнтів теплопередачі для його циліндричної  $k_\ell$  та сферичної  $k_{\text{сф}}$  частини.

За результатами розрахунків за формулами (4.10) і (4.11) отримано значення коефіцієнтів теплопередачі для його циліндричної і сферичної частини:

$$k_\ell = 0,121 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}};$$

$$k_{\text{сф}} = 0,032 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

За допомогою розробленої методики компостування було розглянуто схему теплоізоляції бурта по шарам і визначено ефективність компостування  $\eta_{\text{еф}}$  за формулою, яка дозволяє розрахувати висоту бурта  $H$  та радіус сферичної частини бурта  $R$  для забезпечення життєдіяльності бактерій:

$$\eta_{\text{еф}} = \frac{q_2}{q_1} \cdot 100\% = \left(1 - \frac{q_3 + q_4 + q_5 + q_6}{q_1}\right) \cdot 100\%, \quad (4.17)$$

де  $q_1$  – енергія плодової деревини, МДж/кг;

$q_2$  – енергія отриманого добрива, МДж/кг ;

$q_3$  – втрати енергії від хіміко-біологічних реакцій в процесі компостування, МДж/кг;

$q_4$  – втрати енергії від неоднорідності подрібнення тріски, МДж/кг;

$q_5$  – втрати енергії з газоподібними продуктами, МДж/кг;

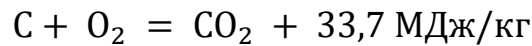
$q_6$  – втрати енергії в навколишнє середовище, МДж/кг.

Визначимо складові питомих втрат енергії в процесі компостування.

Для чого, по-перше, визначимо елементний склад деревини. Тоді, при вологості 50 % в 1 кг тріски міститься 250 грам вуглецю, а на 4-й стадії переробки, коли загальна маса складає 247 грам при вологості 20% буде 98,8 грам вуглецю. Тобто в реакцію вступило:

$$250 - 98,8 = 151,2 \text{ грам.}$$

Тому, відповідно до стехіометричного рівняння маємо:



Тоді, питомі втрати енергії від хіміко-біологічних реакцій  $q_3$ :

$$q_3 = 33,7 \cdot 0,1512 = 5,096196 \text{ МДж/кг}$$

Визначимо втрати енергії від нерівномірності подрібнення вхідної сировини  $q_4$ . Для цього використаємо результати експериментального компостування гілок яблуні з розщепленням та без розщеплення, які наведено у таблиці 4.11.

Таблиця 4.11

Втрати маси деревиною при подрібненні її на тріску розміром від  
30 мм до 50 мм

Величина	Рік компостування			
	1 й рік	2 й рік	3 й рік	4 й рік
Втрата маси без розщеплення, $\Delta m_1$ , кг	0,092	0,400	0,601	0,714
Втрата маси з розщепленням, $\Delta m_2$ , кг	0,135	0,447	0,601	0,753
Частка маси не переробленої деревини, $\Delta$	0,043	0,047	0	0,039

Тоді питомі втрати енергії від нерівномірності подрібнення вхідної сировини складатимуть:

$$q_4 = q_1 \cdot \Delta_1, \quad (4.18)$$

де  $q_1$  – вхідна кількість енергії тріски,  $q_1 = 10,2 \text{ МДж/кг}$ ;

$\Delta_1$  – частка маси непереробленої деревини.

За перший рік компостування питомі втрати енергії від нерівномірності подрібнення будуть дорівнювати:

$$q_4 = 10,2 \cdot 0,043 = 0,4386 \text{ МДж/кг.}$$

Результати розрахунків втрати енергії від нерівномірності подрібнення у наступних роках наведено у табл. 4.12.

Таблиця 4.12

## Втрати енергії від нерівномірності подрібнення ЗГП

Величина	Рік компостування			
	1 й рік	2 й рік	3 й рік	4 й рік
Маса не переробленої деревини $\Delta_1$ , кг	0,043	0,047	0	0,039
Втрати енергії $\Delta q_4$ , МДж/кг	0,4386	0,4794	0	0,3978

При компостуванні газоподібні продукти складають  $\Delta_2 = 0,040625$  частини, або 4,1 % від загальної маси. Тоді, питомі втрати енергії з газоподібними продуктами  $q_5$  становитимуть:

$$q_5 = q_1 \cdot \Delta_2, \quad (4.19)$$

При компостуванні втрати енергії в навколишнє середовище дорівнюють  $\Delta_3 = 10-14,1\%$  від загальної енергії. Тоді, питомі втрати енергії в навколишнє середовище  $q_6$  становитимуть:

$$q_6 = q_1 \cdot \Delta_3, \quad (4.20)$$

$$q_6 = 10,2 \cdot 0,141 = 1,4382 \text{ МДж/кг}$$

Визначимо питому кількість корисної енергії  $q_2$  в готовому компості:

$$q_2 = 10,2 - 5,096196 - 0,4386 - 0,414375 - 1,4382 = 2,8126 \text{ МДж/кг}$$

Отримавши значення питомих втрат енергії в процесі компостування, розрахуємо ефективність переробки тріски в буртах  $\eta_{\text{еф}}$ :

$$\eta_{\text{ef}} = \left(1 - \frac{5,096196 + 0,4386 + 0,414375 + 1,4382}{10,2}\right) \cdot 100\% = 27,6\%.$$

З цього випливає, що підвищити ефективність процесу компостування можна шляхом зменшення таких питомих втрат, як:

- $q_4$  – втрати енергії від нерівномірності подрібнення вхідної сировини можна значно зменшити використовуючи більш ефективні методи подрібнення рослинної сировини, які дозволять збільшити питому поверхню, яка приймає участь у біохімічних процесах;

- $q_5$  – втрати енергії з газоподібними продуктами життєдіяльності бактерій можна зменшити, використовуючи поліетиленовий полог;

- $q_6$  – втрати теплоти в навколишнє середовище значно зменшити укриваючи бурти матеріалом з низьким коефіцієнтом теплопровідності  $\lambda_i$  (наприклад солома, листя тощо).

Забезпечення визначеної ефективності переробки тріски в буртах може бути досягнуто за такими параметрами бурта: довжина бурта  $L_b$  має дорівнювати 6,4 м, а його площа поверхні  $F$  має бути  $32,2\text{м}^2$ . При таких параметрах бурта в шарі II (рис. 2.2) утворюється температура  $+27^\circ\text{C}$  для оптимальної роботи мезофільних бактерій та  $+50^\circ\text{C}$  для термофільних.

Подальші дослідження необхідно направити на вивчення втрати маси тріскою з плодової деревини при буртовому способі компостування.

#### **4.3.5 Дослідження фізико-механічних властивостей біодобрива.**

Гігроскопічність біодобрива залежить від сили зчеплення між частинками та від сил тертя, що виникають при переміщенні частинок одна відносно одної, величина якої оцінюється кутом природного укусу – найбільший кут, який утворює вільна поверхня насипного вантажу з горизонтальною площиною.

Кут природного укусу визначали в такій послідовності:

- воронку, закріплену на штативі, опускали до торкання з площиною;
- потім в воронку засипали добрива;
- після засипання воронку повільно піднімали і матеріал, що висипається утворював конус;
- швидкість витікання і витрату матеріалу регулювали швидкістю підйому воронки;
- кут природного укосу визначали за допомогою кутоміра.

Результати визначення гігроскопічності біогумусу та кута природного укосу занесені в таблиці 4.13.

Таблиця 4.13

## Гігроскопічність біогумусу

№п/п	Об'ємні складові, %			
	Варіант 1: листя (50%) + курячий послід (50%)		Варіант 2: листя (20%) + пташиний послід (20%) + тріска зрізаних гілок плодкових дерев (60%)	
	Вологість, %	Кут природного укосу, град.	Вологість, %	Кут природного укосу, град.
1	74,3	51,0	91,2	50,0
2	20,0	46,0	21,0	42,0
3	34,6	47,0	34,7	44,0
<b>Середнє</b>	<b>42,9</b>	<b>47,3</b>	<b>48,9</b>	<b>45,3</b>

За даними таблиці 4.13 побудовані графіки залежності кута природного укосу від вологості біогумусу (рис. 4.13).

Аналіз отриманих даних показує, що з підвищенням вологості обох видів біогумусу, підвищується і його гігроскопічність, Причому, ступінь підвищення гігроскопічності у другому варіанті нижче, чим ступінь підвищення гігроскопічності у першому варіанті на 10,1 %. Це обумовлюється, насамперед фізико-механічними властивостями деревини, як складової у цьому виді біогумусу.

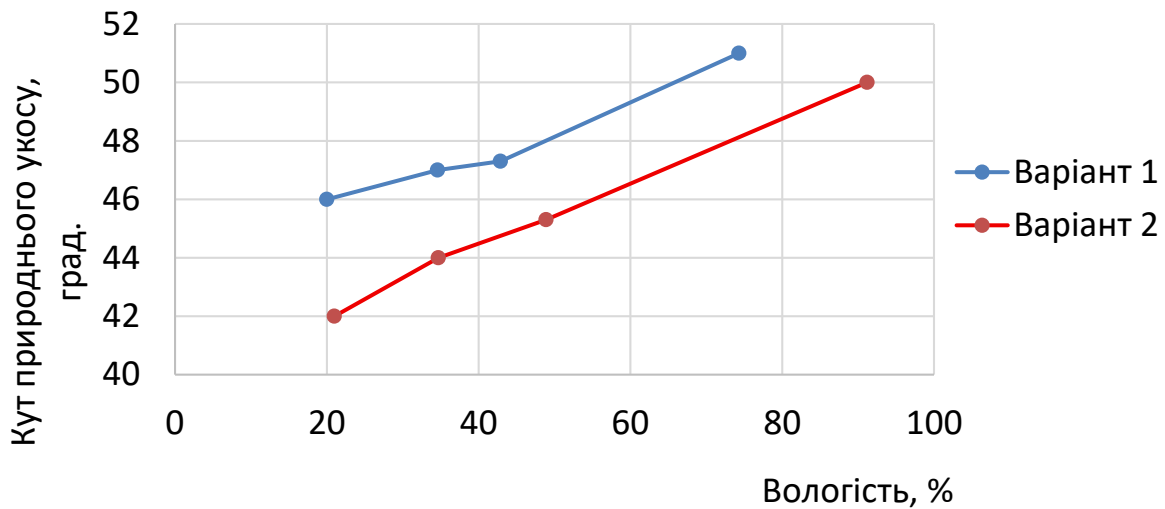


Рисунок 4.13 – Залежність гігроскопічності біогумусу від його вологості.

В результаті досліджень фракційного складу і об'ємної ваги біогумусу встановлено, що обидва варіанти містять 72,7-79,2% цінних фракцій для використання у садівництві, при чому у біогумусі, який отримано із використанням тріски плодової деревини майже у два рази більше найцінніших фракцій (до 1,0 мм) і у чотири рази - гумусової муки (0,1 мм).

Проведені дослідження щодо визначення показників якості біогумусу, отриманого з плодової деревини дозволили встановити, що вони набагато вищі за показники агроекологічної надійності компосту, що передбачені європейським стандартам. Так, мінерального азоту в вермікомпості з плодової деревини в 23 рази більше, ніж в перегної, фосфору в 2,8 рази, калію в 36,5 разів, гумусу в 4,2 рази. А наявність важких металів і радіонуклідів в отриманому добриві значно менші (у 3-6 разів) ніж у органічних добривах, що передбачені євростандартами.

### Висновки

1. Визначено, що середнє значення коефіцієнту об'ємного зменшення вороху зрізаних гілок після подрібнення становить близько 10, що полегшує транспортування отриманої тріски.

2. Вивчення розмірно-масових параметрів тріски зрізаних гілок плодкових дерев дозволили встановити, що пресуванню підлягають елементи розміри яких становлять від 10-20 мм. Доведено, що найбільш вдало пресується

дрібні фракції подрібнених гілок, тобто тирса. До крупних фракцій, тріски, необхідно додавати зв'язуючі речовини, такі як продукти переробки помідорів або винограду.

3. Визначено, що процес брикетування тріски зрізаних гілок плодкових дерев відбувається при температурі  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ , під стискаючим тиском  $12\text{ МПа}$ , при цьому отримуємо брикети об'ємом  $0,32\text{ дм}^3$  з щільністю  $0,85\text{ г/см}^3$ . Потужність преса становить  $320\text{ кВт}$ .

4. Проведені дослідження з вивчення теплотворних властивостей брикетів дозволили встановити, що теплота згорання брикетів складає  $10,2\text{ МДж/кг}$ , а швидкість їх горіння становить  $\tau_{\text{ср}} = 0,368 \cdot 10^{-3}\text{ дм}^3/\text{с}$ . Це означає, що за 1 годину можна спалити  $1,3\text{ дм}^3$  брикетів.

5. Враховуючи, що переробка гілок на брикети потребує витрат енергії до  $2,41\text{ МДж/кг}$ , то впровадження такої технології утилізації побічної продукції садівництва є енергетично, економічно та екологічно вигідним.

6. Розроблено термодинамічну модель буртового способу компостування тріски плодової деревини, яка дозволяє визначити температурний режим компостування.

7. Встановлено, що енергетична ефективність буртового способу компостування тріски плодової деревини може досягати  $27,57\%$ .

8. Для підвищення енергетичної ефективності способу компостування тріски в буртах необхідно провести наукові дослідження щодо зменшення втрат енергії з газоподібними продуктами життєдіяльності бактерій та в навколишнє середовище.

9. Визначено, що для забезпечення оптимального температурного режиму роботи мікроорганізмів довжина бурта має бути  $6,395\text{ м}$ , а площа його поверхні –  $32,128\text{ м}^2$ . При цьому в середині бурта утворюється температура  $+27\text{ }^{\circ}\text{C}$ , яка є оптимальною для роботи мезофільних бактерій з поступовим збільшенням до  $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$  для роботи термофільних бактерій, що забезпечує відповідну якість компосту.

10. Для зниження втрати енергії від неоднорідності тріски та скорочення часу компостування, встановлено, що гілки треба подрібнювати на тріску довжиною до 10 мм з наявністю повздовжнього розщеплення, що збільшує її контактну поверхню на 50-59%.

11. Подальші дослідження повинні бути направлені на дослідження процесу подрібнення, та удосконалення технології виробництва твердого палива у садівничих та розсадницьких господарствах.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Желєзна Т. А., Баштовий А.И., Гелетуха Г.Г. Аналіз можливості отримання деревного палива з додаткових джерел в Україні. Промислова теплотехніка. 2016. Т.38, № 4. С. 71-77.

2. Гелетуха Г.Г., Желєзна Т. А., Драгнєв С. В., Баштовий А.И., Перспективи використання біомаси від обрізки та видалення багаторічних сільськогосподарських насаджень для виробництва енергії в Україні Промислова теплотехніка. 2018. Т.40, № 6. С. 68-74.

3. Черевко Г. П. Вдосконалення енергетичної бази сільського господарства України. / Г. П. 6. Черевко., 1993. – 62 с. – (Економіка України).

4. Системи енергетичні технічні: ДСТУ ISO 13600-2001. – [Чинний від 2002-05-01]. - К.: Держстандарт України, 2001.–9с.

5. Караєв О.Г. Наукові основи створення механізованих технологічних комплексів для виробничих систем розсадництва плодкових культур: автореф. дис. ... д-р. техн. наук: 05.05.11. Мелітополь, 2017. 41 с.

6. Системи енергетичні технічні. Структура для аналізу: ДСТУ ISO 13601-2001. – [Чинний від 2002-05-01]. – К.: Держстандарт України, 2001. –31с.

7. Global G.A.P. Интегрированная система управления сельскохозяйственным производством. [Integrated Farm Assurance Standard (IFA)]. Общий базовый модуль для сельхозпредприятий – Растениеводство – Фрукты и овощи. Контрольные точки и критерии соответствия. [Действует с



01.07.2017]. Кельн, 2017. 163 с. URL: [https://www.globalgap.org/uk\\_en/](https://www.globalgap.org/uk_en/) (дата звернення: 10.10.2020)

8. Ангилеева О.Г. Комплексная утилизация побочной продукции растениеводства. М.: Росагропромиздат, 1990. 160 с.

9. Босак В.Н., Марцуль О.Н., Серая Т.Н. Богатырева Е.Н. Применение древесной золы в питании растений. ISSN 1683-0377. Труды БГТУ. №1. Лесное хозяйство. 2012. 2012. С.158-160. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/143996695.pdf>

10. Vasiliev A.S., Shegelman I.R., Shchukin P.O. Special aspects of patent search for innovations in the field of rock disintegration equipment // Innovation in industry and social sphere: the proceedings of the national SIK. Petrozavodsk state University. Petrozavodsk, 2015. P. 17-18.

11. Kunitskaya O.A., Grigor'ev I.V. Recycling of lowcommodity wood: problems and prospects // Energiya: ekonomika, tekhnika, ekologiya. 2015. № 9. P. 70-75.

12. Kunitskaya O.A. Resources of low-commodity wood in subjects of the Russian Federation // Nauka, obrazovanie, innovatsii v prigranichnom regione: materialy respubl. nauch.- prakticheskoi konf. Petrozavodsk, 2015. P. 15-17.

13. Simonenko M.V., Pashkov A.V., Lokshtanov B.M., Bacherikov I.V. Future Applications of Burning Wood Wastes in the Example of Moscow Region // Wood, Design & Technology. 2014. Vol. 3, № 1. P. 106-110.

14. Караєв О.Г., Бондаренко Л.Ю., Стручаєв М.І. Використання відновлюваних ресурсів садівництва за вимогами стандарту GLOBALG.A.P. Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти: – Вип. 7. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2019. С.76-83.

15. Господаренко Г.Н., Прокопчук И.В. Содержание гумуса в черноземе оподзоленном после длительного применения удобрений в полевом севообороте. Уманский национальный университет садоводства, г. Умань, Украина. Почвоведение и агрохимия № 2(55) 2015 С.102-107. Режим доступа: [http://aw.belal.by/russian/science/soilandagro\\_pdf/55/55-11.pdf](http://aw.belal.by/russian/science/soilandagro_pdf/55/55-11.pdf)

16. Дегтярев В.В., Панасенко О.С., Недбаев В.Н. Содержание гумуса и структурное состояние черноземов типичных лесостепи Украины. Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. №3, 2013. С.70-76.

17. Варфоломеев Л.А. Приготовление промышленных компостов на основе твердых отходов деревообработки. М.: Наука, 1992. 52 с.

18. Гаврилов Т.А., Паталайнен Л.С., Колесников Г.Н., О ресурсосберегающих технологиях экологически безопасной утилизации древесной коры. Современные научные исследования и инновации, 2014. Т. 39(7). С. 59–64.

19. Alan L. Wright, Tony L. Provin, Frank M.Hons, David A. Zuberer, Richard H. White Nutrient accumulation and availability in compost – amended turfgrass soil. *Journal of Hortscience* 2007. Vol. 42. October, P. 1473–1477.

20. Continuous thermophilic composting (CTC) for rapid biodegradation and maturation of organic municipal solid waste / Yong Xiao, GuangMing Zeng, Zhao-Hui Yang [et al.] // *Bioresour. Technol.* – 2009. – P. 4807–4813. (Безперервне термофільне компостування (КТК) для швидкого біологічного розкладання та дозрівання органічних твердих побутових відходів)

21. Kulcu R., Yaldiz O. Determination of aeration rate and kinetics of composting some agricultural wastes // *Bioresour. Technol.* – 2004. – P. 49–57.

22. Компостирование твердых органических отходов производства и потребления. Вермикомпостирование: монография /Под. ред. Я.И. Вайсмана. Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2010. 557 с.

23. Патент РФ 2283294. Состав для производства органоминерального удобрения. Ульянова О.А., Люкшина И.В., Чупрова В.В., Кулебакин В. Опубл. 10.09.2009, БИ 25.

24. Patent KR 20100080574. Suh Hee Dong. Bulking agent for organic composting. Date publ. 09.07.2010.

25. Коваленко В.П., Петренко И.М., Кузнецов В.И., Половинко П.А. Агрокомплексу экологически безопасные удобрения (Рекомендации). Краснодар: КГАУ, 1998. 17 с.

26. Рожко А.А. Компостирование древесно-растительных отходов с учетом факторов, влияющих на параметры компостирования бурта. Лесохозяйственная информация, 2009. №1/2. С.31-34.

27. Миронов В.В. Совершенствование технологии приготовления компоста с обоснованием параметров аэратора. Диссер. на соиск. уч.ст. к.т.н., Мичуринск, 2003. 156 с.

28. Стручаєв М. І. Дослідження технологічних та конструктивних характеристик біогазгенератора. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету ТДАТУ; Мелітополь, 2010. Вип. 10, т. 3. С. 194-199.

29. Дідур В. А., Стручаєв М. І. Теплотехніка, теплопостачання і використання теплоти в сільському господарстві: навч. посібник: допущено М-вом аграр. Політики. За ред. В. А. Дідура. К.: Аграрна освіта, 2008. 233 с.

30. Караев А.И., Строй А.А., Росляков Б.Д. Механико-технологические и агротехнические аспекты утилизации древесных отходов садоводства. Биоконверсия органических отходов: Труды третьего Международ. конгр. (7-11 июня, 1994г.). М., 1994. С.37-38.

31. Караєв О. Г., Бондаренко Л. Ю., Стручаєв М. І. Термодинамічна модель отримання добрив з тріски зрізаних гілок плодових дерев. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Мелітополь, 2019. Вип. 19, т. 3. С. 105-114. DOI: 10.31388/2078-0877-19-3-105-114

32. Karaiev O.G., Gorbach N.M. Application of waste material modified into biocompost. Ekologiczne aspekty mecha-nizacji nawozenia ochrony roslin i uprawy glebe: Сб. тр. – Warszawa. 1996. № 25. – P.9-12.

## ПІДПРОГРАМА 5. РОЗРОБИТИ ТЕХНОЛОГІЮ І ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ВОДНИХ РЕСУРСІВ

Керівник – к.т.н., доцент, зав. каф. ГіЗ Мовчан С.І.

Виконавці – д.т.н., проф., ректор ТДАТУ Кюрчев В.М.,  
к.т.н., доцент каф. ТМКП Дереза О.О.

### 5.1 Актуальність теми дослідження

Вода і водні ресурси є важливою складовою окремих галузей водогосподарського комплексу країни. Використання окремих складових розчинів рідин, рідинних середовищ та реагентів у стічних водах визначає не лише рівнем технічної оснащеності окремо взятого технологічного процесу чи операції, а й вирішує економічні і технічні задачі.

Промислове водопостачання в структурі водогосподарського комплексу відіграє важливе значення. Його надійність та перспективність розвитку відіграє важливу роль і має практичне значення, яке залежить від технічної і технологічної оснащеності кожної її ланки і надійної роботи усіх її складових [3, 4].

В окремих технологічних лініях відсутність підготовчих операцій використання реагентів в певній мірі обмежує функціональні можливості і зменшує ефективність роботи водоочисного обладнання [5, 6].

В технологіях використання води і водних ресурсів доволі часто виникають умови змішування різних компонентних середовищ: води з реагентами, додавання компонентів в хімічний промисловості та ін.. Головною умовою змішування двох рідинних середовищ полягає у повному, рівномірному перемішуванні, розподіленні одного компоненту в іншому середовищі.

Для змішування й підготовлення двокомпонентних рідинних середовищ: водних розчинів, технічних рідин використовується велика кількість приладів і обладнання. Їх стисла характеристика та класифікація за чотирма основними ознаками наведена на рисунку 5.1.

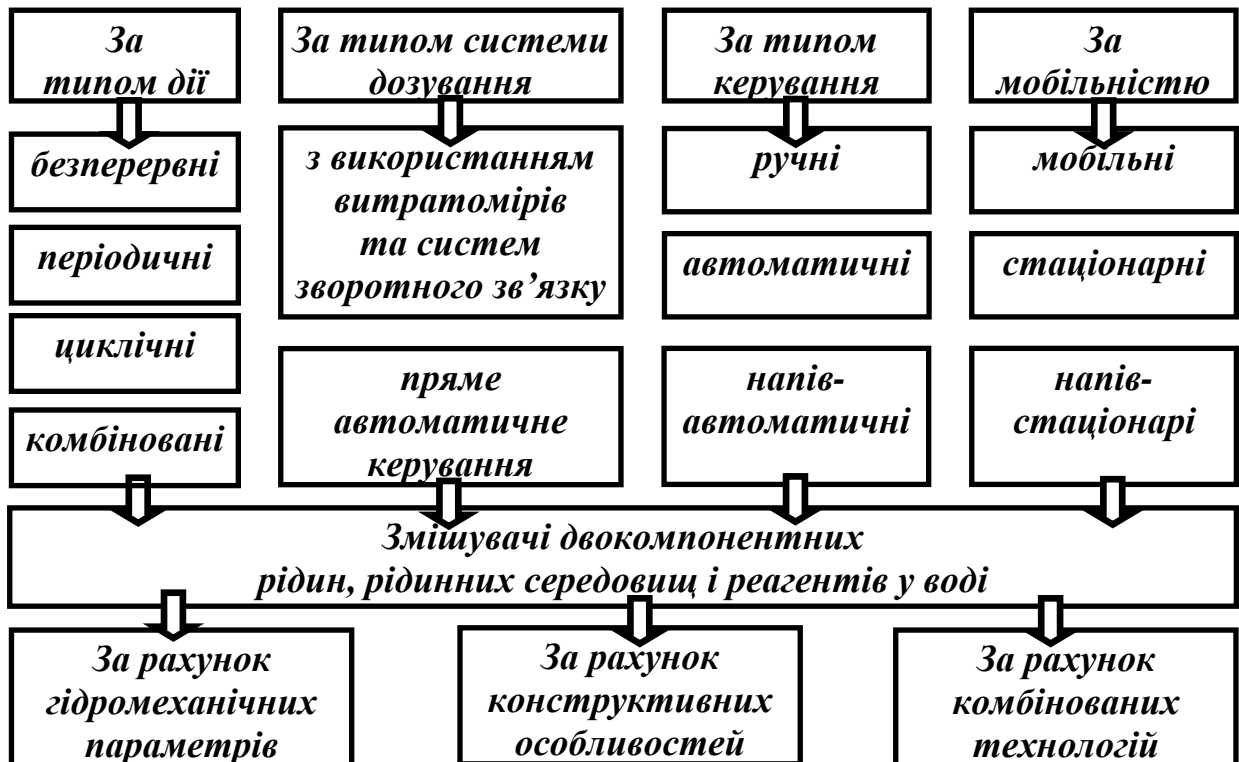


Рисунок 5.1 – Класифікація змішувачів двокомпонентних рідин і рідинних розчинів за різним типом походження і використання

## 5.2 Мета та завдання досліджень.

При визначенні мети й постановленні задачі необхідно враховувати технологічні умови проведення технологічних процесів або операцій.

Метою є розроблення конструктивного обладнання, яке дозволяє в стиснутих умовах забезпечити ефективність роботи водоочисного обладнання.

*Завдання досліджень.* Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні взаємопов'язані задачі.

1. Розроблення нових і удосконалення існуючих конструкції змішувачів для систем оборотного промислового водопостачання.

2. Оптимізація режимів роботи механічного змішувача, і створення в ньому сприятливих умов для перемішування, за рахунок створення турбулентного потоку.

3. Використанні сучасних засобів моделювання окремих елементів для підвищення надійності та ефективності змішування.

*Об'єкт дослідження* – технологічний процес оброблення води в системах оборотного водопостачання.

*Об'єкт дослідження* – взаємозв'язок між конструктивними елементами, геометричними розмірами і параметрами конструкцій змішувачів водних розчинів в системах оборотного водопостачання.

*Методи дослідження.*

Аналітичні та експериментальні *Методи дослідження*, що базуються на фізико – хімічних, біофізикохімічних процесах очищення й знешкодження стічних вод, з використанням комп'ютерних технологій 3D- моделювання.

### **5.3. Результати досліджень**

Відомий механічний змішувач який складається з квадратного корпусу, валу, лопаті, перегородки і трубопроводів підведення стоків та відведення обробленої води. До недоліків цього механічного змішувача є значні габаритні розміри, відсутність узгодженості між подачею реагенту до води, в якій відбувається перемішування, висока швидкість руху турбінок і невисока ефективність роботи механічних пристроїв [7].

Конструкція камерно-струменевого розподільника який включає камеру із розташованим в середині циркуляційним патрубком, відкритим з двох сторін, камеру розподілення, в яку радіально врзані перфоровані струмені, другий кінець яких відкритий і зрізаний під кутом  $45^{\circ}$ . Нерівномірність перемішування водного розчину з реагентами, невисока ефективність змішування водних розчинів, які складаються із трьох і більше компонентів та значна кількість пухирців газової фази, що утворює суспензії нерівномірної газової концентрації, яку складно видаляти традиційними способами, у дерій мірі обмежує використання конструкцій даного типу [8].

Розроблення технічних рішень і впровадження нових конструктивних моделей змішувачів дозволяють підвищити інтенсивність роботи пропонованих конструкцій.

Насамперед, змішування водних розчинів передбачає інтенсивність утворення більш суцільних первинних агрегатів (пухирців). Інтенсивність перемішування характеризується градієнтом швидкості, який визначається за формулою:

$$G = \sqrt{\frac{N}{10 \cdot W \cdot \mu}}, \text{ c}^{-1} \quad (5.1)$$

где  $N$  – потужність перемішування, Вт;

$W$  – об'єм змішувача, м<sup>3</sup>;

$\mu$  – динамічний коефіцієнт в'язкості, Пуаз [6].

*Основна частина.*

Розроблені однотипові конструктивні рішення [9, 10]. Змішувач водних розчинів (рис. 2, а) включає корпус 1, променеві перфоровані труби відведення суміші 2, циркуляційний патрубок 3, патрубок подачі реагенту 4, отвір для виходу реагенту 5, камеру змішування реагенту 6 і трубопроводи тангенційного підведення реагентів 7.

Запропонована конструкція змішувача підвищує потужність водоочисного обладнання, поширює можливості щодо використання різних видів реагентів та забезпечує ефективність очищення стоків промислових підприємств.

Недоліком цієї конструкції є обмеженість при відведенні завислих речовин, які накопичуються у верхній частині корпусу, нерівномірність перемішування водних розчинів і рідинних двокомпонентних середовищ.

В апараті для змішування водних розчинів (рис. 2, б), який містить корпус змішувача, променеві перфоровані трубопроводи відведення суміші, циркуляційний патрубок, патрубок подачі реагенту, отвір для виходу реагенту, камера змішування реагенту і підведення реагентів через трубопроводи,

рівномірно розташовані по колу й додатково встановлений конусний ущільнювач 8 флотошлему [10].

В лабораторних умовах розроблено і апробовано конструкцію апарату для змішування водних розчинів, двокомпонентних рідинних середовищ, який працює в такий спосіб.

Розроблене технологічне обладнання однакове за конструктивним виконанням і до його складу включає корпус 1, променеві перфоровані труби 2 відведення суміші, циркуляційний патрубок 3, патрубок 4 подачі реагенту, отвір 5 для виходу реагенту, камеру 6 змішування реагенту і трубопроводи 7 тангенційного підведення реагентів, конусний ущільнювач 8 флотошлему.

Вода, що обробляється, поступає в нижню частину корпусу 1 апарату (рис. 5.2), надходить до циркуляційного патрубку 3, де відбувається її первинне перемішування з реагентами, що подаються з верхньої частини корпусу 1 змішувача. Суміш заповнює променеві перфоровані трубопроводи відведення суміші. У місці підключення перфорованих трубопроводів (зрізаних під кутом  $45^{\circ}$ ) до корпусу 1 підвищується швидкість потоку, що сприяє появі додаткових вихорів при перемішуванні розчину.

Встановлена камера змішування реагенту 6, до якої підключені трубопроводи 7, дозволяє забезпечити високу якість перемішування та розчинення реагентів у водних розчинах та створює умови для ефективної роботи водоочисного обладнання.

Ефективність (в межах 80...90%) роботи апарату змішування водних встановленням даного пристрою у верхній частині вертикального багатокамерного апарату. В таблиці 5.1 наведені результати випробувань апарату змішування водних розчинів в лабораторних і промислових умовах систем оборотного водопостачання.

Радіальне розташування трубопроводів тангенційної подачі реагентів утворює аксіальний рух реагентів в камері змішування (вздовж стінок) трубопроводу подачі реагентів.



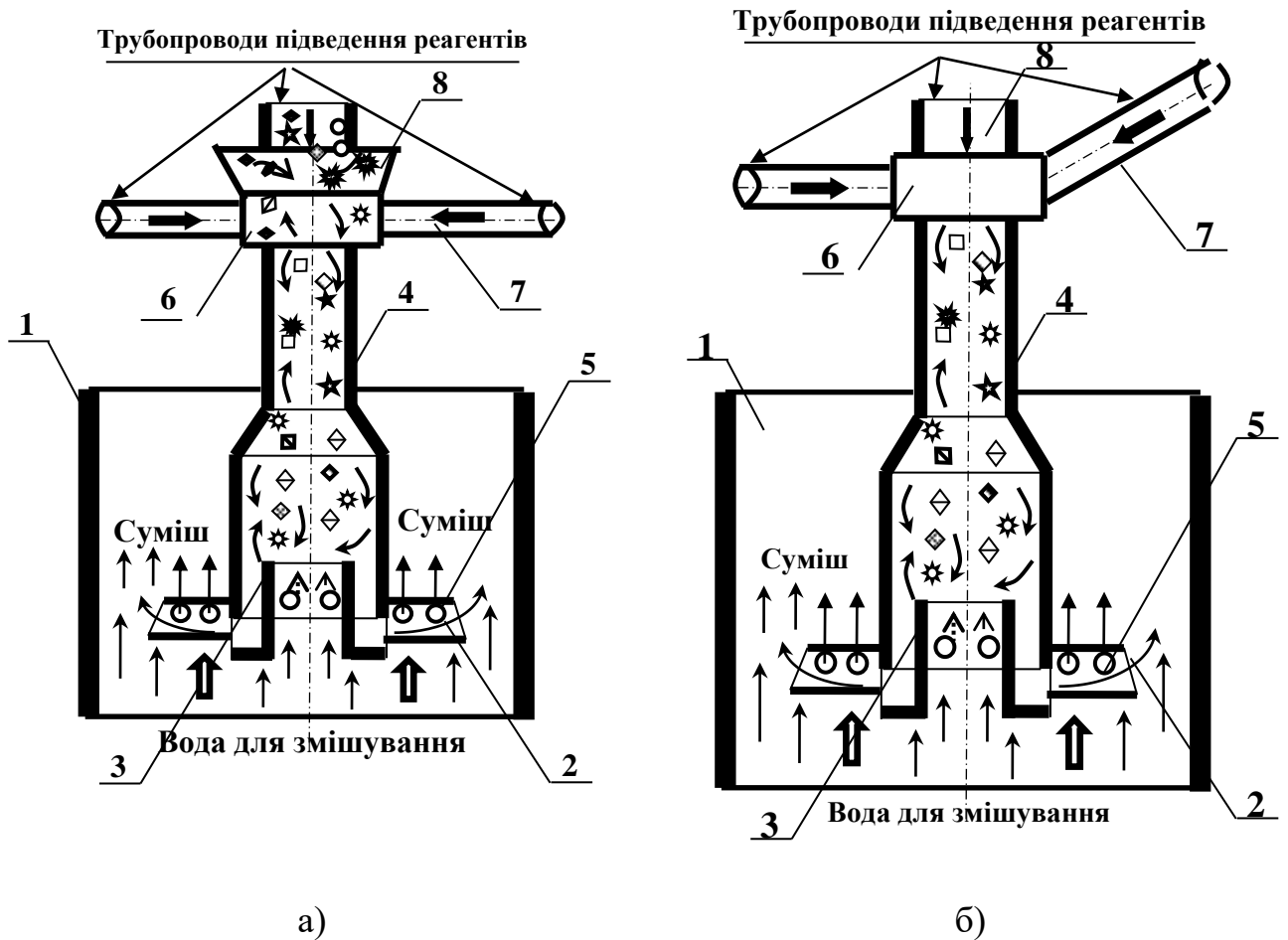


Рисунок 5.2 – Конструктивні рішення змішувачів водних розчинів: а) змішувач водних розчинів; б) апарат для змішування водних розчинів.

1 – корпус; 2 – променеві перфоровані трубопроводи; 3 – циркуляційний патрубок; 4 – патрубок подачі реагенту; 5 – отвір для відведення реагенту; 6 - камера змішування реагенту; 7 - трубопроводи тангенційного підведення реагентів; 8 - ущільнювач флотошлему

Запропонована конструкція апарату для змішування водних розчинів й дозування реагентів підвищує потужність водоочисного обладнання, поширює можливості щодо використання різних видів реагентів та забезпечує ефективність очищення стічних вод промислових підприємств.

Ефективність змішування водних розчинів й дозування реагентів наведені у таблиці 5.2 за двома варіантами співвідношення діаметрів внутрішньої поверхні патрубку подачі реагенту.

Таблиця 5.1

Результати технічних випробувань змішувача водних розчинів

№ дослідів	Вид рідини	Швидкість руху водного потоку	Ефективність перемішування, %			Ефективність перемішування в апараті, %
			кількість променевих трубопроводів підведення суміші, шт.			
			3	5	8	
1.	Чиста питна (або технічна вода) + інший водний розчин а/або технічний інгредієнт	1,75-2,0	56 %	67 %	89 %	98,0-99,0 %
		1,70-1,75	60 %	70 %	85 %	97,0-99,5 %
		1,65-1,90	56 %	67 %	89 %	98,0-99,0 %
		1,85-2,0	60 %	72 %	85 %	96,0-98,0 %
2.	Стічні води + реагенти	1,8-2,0	69 %	72 %	75 %	93,0-96,0%
3.	Технічні рідини + реагенти	2,0-2,2	75 %	88 %	86 %	95,0-97,5 %
4.	Каламутні стічні води + реагент	1,70-2,0	75 %	70 %	90 %	98,0-99,0 %

Таблиця 5.2

Показники ефективності змішування водних розчинів і дозування реагентів внутрішньої поверхні патрубку подачі реагенту

№ п/п	Кількість променевих трубопроводів	Кут підведення водного потоку, град.	Ефективність перемішування, %			
			1	2	3	4
<i>за I – м варіантом</i>						
1	Вісім	30 <sup>0</sup>	82	86	80	86
2	Шість	45 <sup>0</sup>	85	88	83	88
3	Вісім	30 <sup>0</sup>	75	78	80	78
4	Шість	45 <sup>0</sup>	80	84	5	84
<i>за II– м варіантом</i>						
1	Вісім	30 <sup>0</sup>	82	86	80	86
2	Шість	45 <sup>0</sup>	85	88	83	88
3	Вісім	30 <sup>0</sup>	75	78	80	78
4	Шість	45 <sup>0</sup>	80	84	5	84

При змішуванні водних розчинів і реагентів, які відповідають сучасним умовам інтенсифікації в системах промислового водопостачання, і розробленим інженерно-технічним рішенням [9, С. 3-4; 10, С.3, 11, С. 3-5, 6; 14, С.3-5, 7-8; 15, С.4-5, 7, 8].

Розроблення й впровадження мобільних засобів з підвищення рівня інтенсифікації використовується в наслідок певної низки переваг.

По-перше, впровадження мобільних засобів і комп'ютерного моделювання суттєво прискорює процес створення кінцевого продукту.

По-друге, дають змогу людині успішніше й швидше адаптуватися до нових технічних розробок і технологій.

По-третьє, активне й ефективно впровадження цих технологій у виробництво є важливим чинником вирішення певних завдань, які відповідають сучасним умовам інтенсифікації в системах промислового водопостачання.

Одним із головних елементів змішувач водних розчинів є камери змішування. Їх використання при очищенні стічних вод промислових підприємств потребує обґрунтованого вибору оптимальної конфігурації і форми (рис. 5.3, а і б).

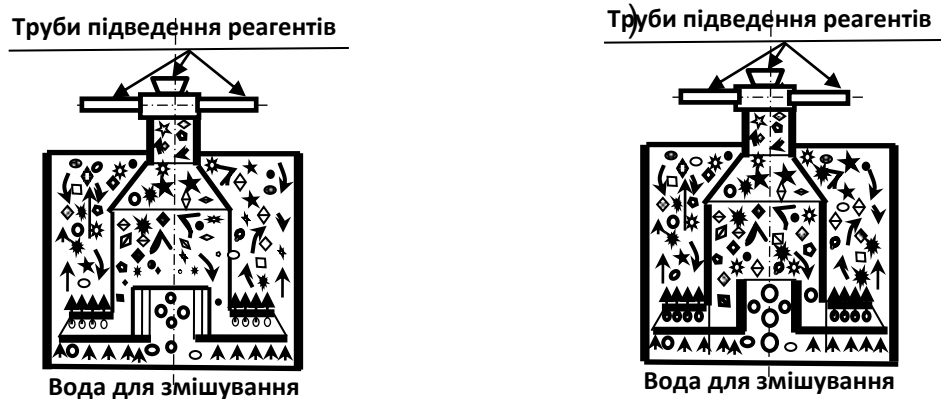


Рисунок 5.3 – Змішувач водних розчинів і реагентів з трьома (а) і двома (б) циркуляційними патрубками

Оптимальне співвідношення розмірів між головними камерами наочно довело, що використання моделі, наприклад, апарат-змішувача водних розчинів

(рис. 5.4), забезпечує швидкість і легкість в процесі внесення змін і коригувань в моделі. До одної з найголовніших переваг даної технології відноситься й автоматичне формування креслень при оформленні технічної та технологічної документації.

Однім із напрямків оптимізації геометричних розмірів і забезпечення ефективності підготовки реагентів є моделювання й розроблення конструкцій з тривимірних технологій (рис. 3, а, б і в)

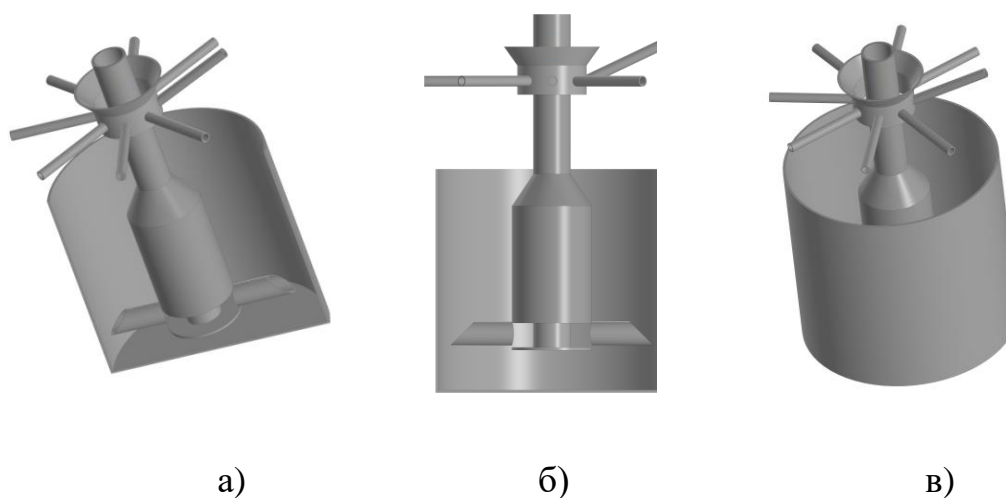


Рисунок 5.4 – Моделювання змішувача водних розчинів: а – модель апарат-змішувача із повздовжнім вертикальним розрізом; б – загальний вигляд моделі апарат-змішувача водних розчинів із вертикальним розрізом корпусу відносно вертикальної осі; в – модель апарат-змішувача, повернутого верхньою площиною під кутом до вертикальної осі.

Розроблені моделі окремих елементів і апаратів змішування із застосуванням сучасних тривимірних технологій дозволяють наочно поглянути на об'єкт досліджень, скоротити час на підготовлення й випробування в промислових умовах і забезпечити ефективність перемішування реагентів.

Тривимірні технології сьогодні широко використовуються в найрізноманітніших галузях. **Високо деталізована 3D-модель** – це не просто можливість поглянути на об'єкт без його реального виготовлення [5].

Відомі конструкції апаратів для змішування водних розчинів і реагентів [3, 4, 5].

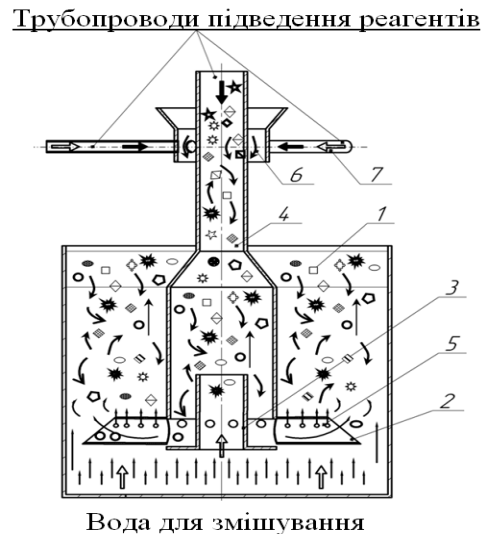


Рисунок 5.5 – Змішувач водних розчинів і реагентів в системах оборотного водопостачання: 1 – корпус; 2 – променеві перфоровані труби відведення суміші; 3 – циркуляційний патрубок; 4 – патрубок подачі реагенту; 5 – отвір для виходу реагенту; 6 – камера змішування реагенту; 7 – трубопроводи тангенційного підведення реагентів.

Для кращого уявлення конструкції змішувача і процесів, що протікають у водних розчинах, дуже корисним буде використання сучасного **3D-моделювання**, яке наочно представлено на рис. 5.6 а, б і в.

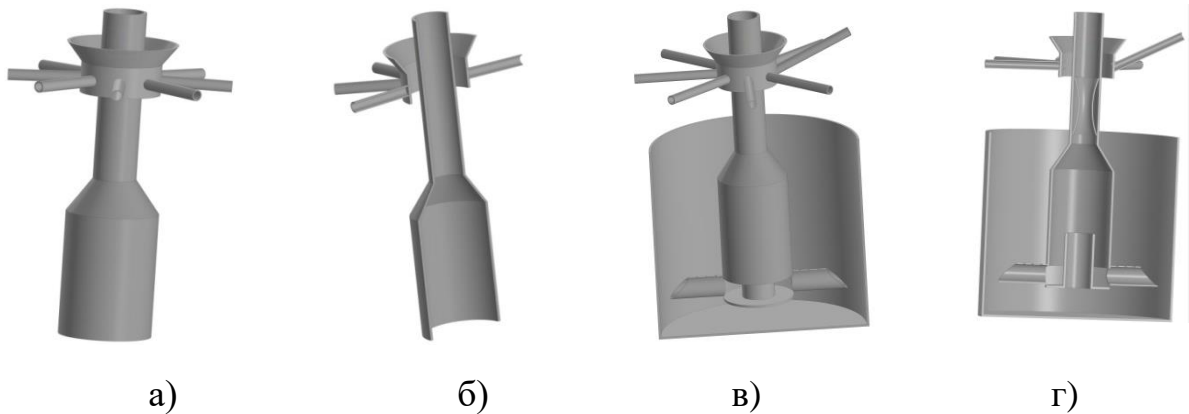


Рисунок 5.6 – Моделювання апарата змішувача водних розчинів: а – за пат. № 132976; б, г – апарата за пат. № 137138; в – апарата за пат. № 122533.

Використання моделювання окремих елементів (рис. 5.6, а, б) та апарат-змішувачів (рис. 5.6, в, г) у цілому дозволить скоротити стадії проєктування, спростити пошук відповідних технологічних операцій, забезпечити надійність і ефективність підготовки реагентів в системах оборотного водопостачання.

Створення одиночного тіла починається з побудови одного тіла простої форми (прямокутна призма, сферичне тіло, циліндричне тіло, конічне тіло тощо) (рис. 5.7) або побудови тіла на базі поверхонь (тіло видавлювання, тіло обертання) або побудови тіла на базі ліній.

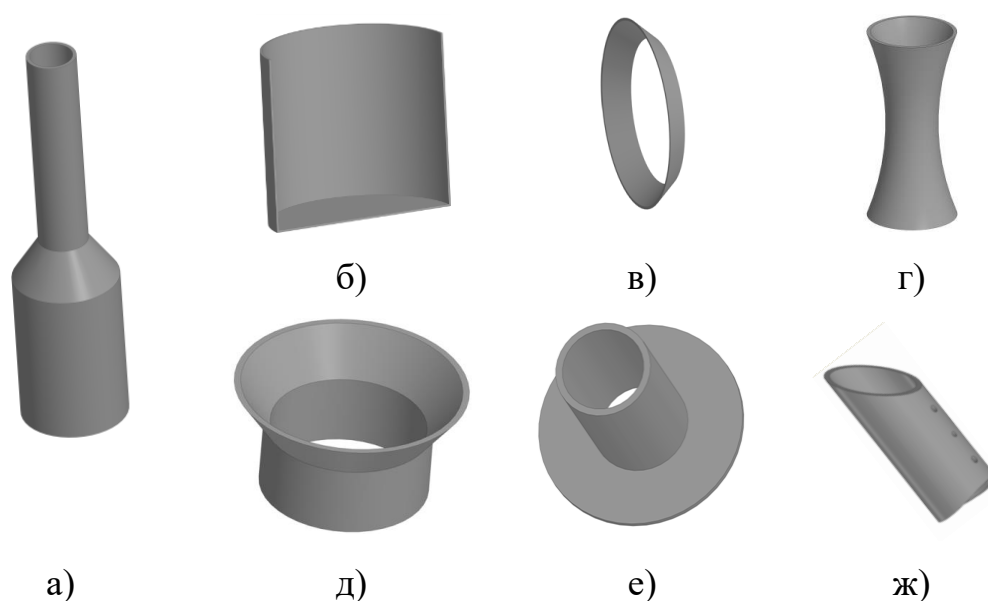


Рисунок 5.7 – Окремі елементи апарат-змішувачів

Сучасне програмне забезпечення дозволяє використовувати незалежно від алгоритму моделювання різноманітні підходи для побудови моделі.

Моделювання за допомогою простих геометричних фігур (циліндри, тори, конуси тощо), використовуються як цеглинки при побудові складніших об'єктів – корпусів, патрубків, камер. Перевагою методу є швидка та легка побудова, а також те що моделі є математично визначені і точні. Добре підходить до технічного моделювання, зокрема апаратів змішувачів водних розчинів, які мають певні розрахункові розміри.

Для створення моделі застосовується також переміщення (якщо поверхня грана) або обертання (якщо поверхня обертання) плоских контурів. В результаті переміщення плоского контуру утворюється об'ємне тіло – модель, що є проекцією основи моделі. Ці операції дозволяють змінювати параметри побудови, а отже і самої моделі. В контур можна скопіювати зображення з раніше створеного креслення або фрагмента.

Побудова моделі починається зі створення ескізу основи за розрахованими розмірами. Далі вибирається команда обертання або видавлювання і створюється об'єкт – 3d модель. З об'ємної моделі створюється кресленик. Можливості програми дозволяють будувати автоматично проекції всіх видів і аксонометрію деталі по її готової моделі.

При необхідності змінити розміри одного елементу апарата змішувача водних розчинів, наприклад, форму та розмір отвору для виходу реагенту у трубі (рис. 6, ж), вносяться зміни тільки в модель цього елемента. Надалі програма сама внесе зміни і перебудує модель апарата змішувача. Це значно скорочує процес моделювання змішувачів водних розчинів зі схожими конструкціями.

Найбільш зручним для створення моделей змішувачів водних розчинів є твердотільне моделювання. Тривимірною моделлю апарат-змішувача із застосуванням сучасних технологій виглядає більш ніж реалістично. Види, перерізи, розрізи моделі, анімація дають можливість наочно уявити процеси, які відбуваються при змішуванні водних розчинів і реагентів в середині обладнання.

Створення твердотільних моделей як ніколи сьогодні актуально. Твердотільне моделювання дає змогу швидко створювати об'єкт і так само швидко редагувати його. Швидкість моделювання позитивно впливає на швидкість повернення вкладених інвестицій, що досить важливо при оптимізації кількісного і якісного складу води в системах оборотного водопостачання.

## **Висновки.**

Результатами випробувань встановлено, що використання розташованих променевих перфорованих трубопроводів для стічних вод забезпечує ефективне перемішування реагентів. Встановлена оптимальна кількість променевих перфорованих трубопроводів знаходиться в межах 5...6 шт. А найбільша ефективність і стабільність роботи досягається при використанні 8 перфорованих трубопроводів. Підвищення кількості променевих перфорованих трубопроводів завжди є доцільним: по-перше, через обмеженість конструктивними габаритними розмірами; по-друге, збільшення об'ємів водно-повітряних розчинів не забезпечує ефективне видалення та відведення завислих речовин у верхній частині апарату.

## **ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ**

1. Водна стратегія України на період до 2025 року (наукові основи): (за науковою редакцією М.І. Ромащенко, М.А. Хвесика, Ю.О. Михайлова)/Водна стратегія України на період до 2025 року (наукові основи) – К.; 2015. – 46 с.
2. Природоохоронні технології. Навчальний посібник Ч. 2: Методи очищення стічних вод / [В.Г. Петрук, Л. І. Северин, І.В. Васильківський, І.І. Беввозюк.] - Вінниця: ВНТУ, 2014. – 254 с.
3. *Мовчан С.І.* Промислове водопостачання в структурі систем екологічного водогосподарського менеджменту / *С.І. Мовчан.* Матеріали міжнародн. науково – практичної конференції «Екологія філософія існування людства»: зб. наук. праць // За заг. ред. *М.М. Радевої, В. М. Коломієць.* - Мелітополь: ТОВ «Колор Принт», 2018 р. – С. 76- 79.
4. *Мовчан С.І.* Інженерне забезпечення екологічної стійкості систем оборотного й повторно – обігового водопостачання / *С.І. Мовчан* // Матеріали науково – практичної конференції «Меліорація та водокористування» - екологічна безпека водних об'єктів За ред. *О.С. Громико, С.І. Мовчан, Л.І. Тодорова.* Відділ з благоустрою та екології ММР ЗО, 30 березня 2018 р., Мелітополь, 2018. – С. 12 – 17.
5. *Мовчан С.І.* Щодо питання очищення й знешкодження стічних вод гальванічного виробництва / *С. І. Мовчан, О.В. Болтянський, Н. І. Болтянська* //



Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. - Мелітополь: ТДАТУ, 2017. - Вип. 17, Т.3. - С. 91 – 98.

6. *Болтянський О.В.* Знезаражування та регенерація відпрацьованих миючих розчинів / *О.В. Болтянський, С. І. Мовчан, Н. І. Болтянська* // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. - Мелітополь: ТДАТУ, 2017. - Вип. 17, Т.3. - С. 99- 105.

7. *Найманов А.Я.* Водоснабжение / *А.Я. Найманов, С.Б. Никиша, Н.Г. Насонкина Н.П. Омельченко, В.Н. Маслак, Н.И. Зотов, А.А. Найманова.*- ООО «Норд Компьютер», Донецк, 2006.- 654 с.

8. *Василенко А.А.* Реконструкция и интенсификация сооружений водоснабжения и водоотведения: Учебн. пособие / *А.А. Василенко, П.А. Грабовский, Г.М. Ларкина, А.В. Полищук, В.И. Прогульный.* - Киев-Одесса, КНУСА, ОГАСА, 2007.- 307 с.,

9. Патент на корисну модель № 114364 Україна, МПК<sup>7</sup> (2006.01) B01 F5/00 C02 F1/46 (2006.01), C02 F103/02 (2006.01). Змішувач водних розчинів [текст]: / *С.І. Мовчан, Н.І. Болтянська, О.В. Болтянський.* – Заявка № у 2016 08570; заявл. 04.08.2016, опубл. 10.03.2017, Бюл. № 5.

10. Патент на корисну модель № 122533 Україна, МПК<sup>7</sup> B02 F5/00 , C02 F1/46 (2006.01). C02 F103/02 (2006.01). Апарат для змішування водних розчинів [текст]: *Н.І. Болтянська, О.В. Болтянський. С.І. Мовчан, О.О. Дереза.* – Заявка № у 2017 08377; заявл. 14.08.2017, опубл. 10.01.2018, Бюл. № 1.

11. Патент на корисну модель № 132976 Україна, МПК<sup>7</sup> (2019.01). B01 F5/00. C02 F1/46 (2006.01). C02 F103/02 (2006.01). Апарат для змішування водних розчинів і дозування реагентів / *С.І. Мовчан, О.О. Дереза, С.В. Дереза.* – Заявка № у 2018 079942041; заявл. 18.07.2018, опубл. 25.03.2019, Бюл. № 6.

12. Патент на корисну модель № 137138 Україна, МПК<sup>7</sup> (2019.01) B01 F5/00. C02 F1/46 (2006.01). C02 F103/02 (2006.01). Апарат-змішувач водних розчинів / *С.І. Мовчан.* – Заявка № у 2019 02078; заявл. 01.03.2019, опубл. 10.10.2019, Бюл. № 20.

13. Патент на корисну модель № 141042Україна, МПК<sup>7</sup> (2020.01) C02 F1/46 (2006.01). C02 F103/02 (2006.01). Апарат-змішувач водних розчинів з

циркуляційним патрубком / *С.І. Мовчан*. – Заявка № у 2019 07241; заявл. 01.07.2019, опубл. 25.03.2020, Бюл. № 6.

14. Патент на корисну модель № 143949.Україна, МПК<sup>7</sup> (2020.01) C02 F5/00. C02 F1/46 (2006.01). C02 F103/02 (2006.01). Апарат змішувач-відділювач реагентів і забруднень / *В.М. Кюрчев, С.І. Мовчан*. – Заявка № у 2020 00438; заявл. 27.01.2020, опубл. 25.08.2020, Бюл. № 16.

15. Патент на корисну модель № 144108 Україна, МПК<sup>7</sup> (2020.01) C02 F1/46 (2006.01). B02 F5/00. C02 F103/02 (2006.01). Апарат-змішувач водних розчинів і реагентів / *С.І. Мовчан*. – Заявка № у 2019 10215; заявл. 07.10.2019, опубл. 11. 09.2020, Бюл. № 17.

16. Мовчан С.І. Моделювання змішувача реагентів в роботі систем оборотного водопостачання / *С.І. Мовчан, О.О. Дереза* // Еко Форум-2020: збірка тез доповідей IV спеціалізованого міжнародного Запорізького екологічного форуму 15-17 жовтня 2020 р. / Запорізька міська рада, Запорізька торгово-промислова палата. – Запоріжжя: Запорізька торгово-промислова палата, 2020. – 500 с. С. 255-256.

22. Дереза О.О. Моделювання елементів трубопроводів / *О.О. Дереза, С.І. Мовчан, С.В. Дереза* // Матеріали XI-ої науково-практичної конференції «Меліорація та водовикористання. Технології та еколого-економічні рішення в сучасних умовах господарювання» / Укладачі: *С.І. Мовчан* (відповідальний за випуск), *В.Л. Іконніков, С.О. Ісаченко*. Дніпрорудненський індустріальний коледж, ФОП «Ландар С.М.», Дніпрорудне, 2020 р. 108 с. С. 68-72.

23. Горлова К.О. Моделювання елементів систем оборотного водопостачання для об'єктів інженерної інфраструктури промислового сектору країни / *К.О. Горлова, А.М. Зуб, С.І. Мовчан, О.О. Дереза* / Матеріали Всеукраїнської наукової конференції молодих вчених і науково-педагогічних працівників, 16 червня 2020 р. // Ред. *Непочатенко О.О.* (від. ред.) та ін. Умань: ВПЦ «Візаві», 2020. 184 с. С. 131 – 134.