

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет  
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Допущений до захисту:  
завідувач кафедри  
к.т.н., проф. Гунько І.А.

---

«\_\_» жовтня 2023 р.

**ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ВИХРОВОГО  
РОЗПИЛЮВАЧА**

Робота на здобуття освітнього ступеня «Магістр»  
за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

Виконав: студент групи Аі-22-1-Маг.з  
Рак Сергій Валерійович

---

Керівник: к.т.н., доцент  
Полевода Юрій Алікович

---

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет  
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Затверджую:

зав. кафедри агроінженерії  
та технічного сервісу

\_\_\_\_\_ к.т.н., проф. І.В. Гунько

" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2022 р.

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ

студенту Раку Сергію Валерійовичу

на тему:

«Дослідження робочого процесу вихрового розпилювача»

затверджену наказом від «02» грудня 2022 р. № 188 м

Вихідні дані для підготовки роботи:

1. Методичні вказівки з виконання магістерської роботи
2. План магістерської роботи.
3. Підручники і навчально-методичні посібники.
4. Наукові видання (монографії, книги, збірники, журнали, методики, матеріали ЦНТЕІ, тощо).
5. Методика економічної оцінки результатів досліджень.
6. Дані власних досліджень, одержаних в попередній період.

Календарний план виконання магістерської роботи

Структура роботи		Обсяг сторінок	Термін підготовки	Підпис керівника
Анотація		1-2	01.02.23 р	
Вступ		2-5	23.03.23 р	
РОЗДІЛ 1	ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЙ І ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ДЕЗІНФЕКЦІЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПРИМІЩЕНЬ І ОБЛАДНАННЯ	10-15	27.04.23 р	
РОЗДІЛ 2	ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ВІХРЕВОГО ІНЖЕКТОРНОГО РОЗПИЛЮВАЧА	10-15	10.06.23 р	
РОЗДІЛ 3	ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ	10-15	01.08.23 р	
РОЗДІЛ 4	РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	10-15	01.09.23 р	
Загальні висновки		1-2	05.10.23 р	
Список використаної літератури		2-4	07.10.23 р	

Термін подання роботи на кафедру

для попереднього захисту

«        » жовтня 2023 р.

Завдання видав керівник «        » \_\_\_\_\_ 2022 р.

# ЗМІСТ

С

АНОТАЦІЯ

ВСТУП

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЙ І ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ДЕЗІНФЕКЦІЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПРИМІЩЕНЬ І ОБЛАДНАННЯ.....	10
1.1 Сучасні методи дезінфекції .....	10
1.2 Чинники впливу на ефективність процесу дезінфекції.....	12
1.3 Фізико-механічні властивості дезінфікуючих засобів .....	14
1.4 Аналіз технічних засобів для проведення процесу дезінфекції .....	15
1.5 Аналіз досліджень методів та засобів розпилювання рідин.....	23
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ВИХРЕВОГО ІНЖЕКТОРНОГО РОЗПИЛЮВАЧА.....	27
2.1 Класифікація розпилювачів рідини.....	27
2.2 Обґрунтування застосування вихрової труби, як джерела теплової енергії ....	28
2.3 Тепловий баланс у вихровому інжекторному розпилювачі термомеханічного типу .....	29
2.4 Результати чисельного моделювання.....	31
2.5 Результати моделювання руху суміші гарячого повітря с дисперсною фазою у проточній частині розпилювача.....	34
РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	36
3.1 Програма експериментальних досліджень.....	36
3.2 Експериментальне обладнання.....	38
3.3 Методика визначення характеристик розпилу дезінфікуючої рідини аерозольними розпилювачами.....	43
РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	46
4.1 Результати лабораторних досліджень аерозольних розпилювачів .....	46
4.2 Результати досліджень витрати дезінфікуючої рідини вихровим інжекторним розпилювачем .....	47

4.3 Результати досліджень щодо визначення температури аерозоліу дезінфікуючої рідини.....	48
4.4 Результати досліджень дисперсного складу факела струменя .....	49
4.5 Результати виробничих випробувань дезінфікуючої установки .....	51
4.6 Статистична обробка результатів експериментальних досліджень .....	53
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ .....	56
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	57

## АНОТАЦІЯ

Рак С. В. Дослідження робочого процесу вихрового розпилювача. – Рукопис.

Робота на здобуття освітнього ступеня магістр зі спеціальності 208 – «Агроінженерія». – Вінницький національний аграрний університет. – Вінниця, 2023.

В магістерській роботі проводилися дослідження щодо підвищення ефективності дезінфекції приміщень та обладнання сільськогосподарського призначення вихровими інжекторними розпилювачами термомеханічного типу.

На основі проведеного аналізу розроблено класифікацію розпилювачів рідин, проведено теоретичні дослідження з обґрунтування конструктивних та технологічних параметрів вихрового інжекторного розпилювача, визначено ефективність роботи дезінфікуючої установки.

На основі математичної моделі визначені раціональні технологічні параметри роботи дезінфікуючої установки, за яких забезпечується повна загибель патогенної мікрофлори.

*Ключові слова:* дезінфікуюча установка, завихрювач потоків, вихровий інжектор, розпилювач, процес розпилювання.

## ANNOTATION

Rak S. V. Study of the working process of a vortex atomizer. – The manuscript. Work on obtaining educational degrees master's degree in the 208 – Agroengineering». – Vinnytsia National Agrarian University. – Vinnytsia, 2023.

In the master's thesis, research was carried out on increasing the efficiency of disinfection of agricultural premises and equipment with vortex injector sprayers of the thermomechanical type.

Based on the analysis, a classification of liquid atomizers was developed, theoretical studies were conducted to substantiate the structural and technological parameters of the vortex injector atomizer, and the efficiency of the disinfection unit was determined.

On the basis of a mathematical model, the rational technological parameters of the disinfection installation are determined, which ensure the complete death of pathogenic microflora.

*Keywords:* disinfection unit, swirler of flows, vortex injector, sprayer, spraying process.

## ВСТУП

В даний час зі зміною екологічних умов та епідемічною обстановкою, що дедалі ускладнюється, профілактика та ліквідація інфекційних хвороб сільськогосподарських тварин, а також дезінфекція та знезараження приміщень, машин та обладнання тваринництва є актуальним завданням [1-5].

На сьогоднішній день поряд ефективними дезінфікуючими засобами розпилювання є одним з найважливіших процесів в дезінфекції. Якість диспергування визначає працездатність сучасних технічних пристроїв для нанесення дезінфектантів [4, 5, 6]. Основними характеристиками процесу розпилення є розмір одержуваних крапель, концентрація та в'язкість розчину, швидкість створення аерозолію та просторовий розподіл. Також для підвищення ефективності дезінфекції, важливим є витрата і рівномірність розпилення розчину.

Внаслідок чого, поряд з ветеринарно-санітарними та дезінфекційними заходами все більшого значення набуває розробка нових високоефективних розпилювачів дезінфікуючих засобів.

Найбільш перспективним напрямом вдосконалення обладнання для диспергування дезінфектантів, що використовуються для знезараження приміщень, машин і обладнання сільськогосподарського призначення, є вихрові розпилювачі термомеханічного типу [12-14].

Аерозолі, одержані даними пристроями, якісно відрізняються від простих механічних аерозолів тим, що при їх створенні відбуваються процеси механічного дроблення розчину дезінфікуючого потоком гарячого повітря, що має температуру від 70 до 600°C, а також інтенсивне випаровування крапель рідини в цьому потоці. Завдяки високій продуктивності даних технічних засобів, створюється можливість швидкого та ефективного проведення аерозольної дезінфекції [7, 8].

При розробці високоефективних вихрових інжекторних розпилювачів можна оптимізувати та спростити режими та технологію дезінфекції застосуванням чисельного моделювання течії потоку рідини з наступною верифікацією отриманих моделей. У зв'язку з тим, що складне завдання математичного моделювання перебігу двофазного середовища у вихрових апаратах в даний час не повністю



вирішено та має велике практичне значення, тема цієї наукової роботи є актуальною.

Дослідниками недостатньо вивчено питання щодо застосування вихрових інжекторних розпилювачів для дезінфекції та знезараження приміщень та обладнання сільськогосподарського призначення. У зв'язку з тим, що складне завдання математичного моделювання перебігу двофазного середовища у вихрових апаратах нині не повністю вирішено і має велике практичне значення.

**Мета магістерської роботи:** підвищення ефективності дезінфекції приміщень та обладнання сільськогосподарського призначення вихровими інжекторними розпилювачами термомеханічного типу.

Для досягнення мети були поставлені такі **завдання:**

- на основі аналізу розробити класифікацію розпилювачів рідин;
- провести теоретичні дослідження з обґрунтування конструктивних та технологічних параметрів вихрового інжекторного розпилювача;
- визначення ефективності роботи дезінфікуючої установки.

**Об'єкт дослідження:** дезінфекційна установка з вихровим інжекторним розпилювачем.

**Предмет дослідження:** закономірності технологічних процесів перебігу газорідної суміші в проточній частині вихрового інжекторного розпилювача та її розпилювання установкою.

**Наукова новизна:**

- нова класифікація розпилювачів рідини, яка дозволяє оцінити можливі конструкційні варіанти створюваних розпилювачів з точки зору ефективності роботи та якості диспергування;
- результати експериментального дослідження дисперсного складу аерозолів на різних режимах роботи дезінфікуючої установки;
- представлена математична модель, що дозволяє визначати раціональні технологічні параметри роботи дезінфікуючої установки, за яких забезпечується повна загибель патогенної мікрофлори.

## РОЗДІЛ 1

# ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЙ І ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ДЕЗІНФЕКЦІЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПРИМІЩЕНЬ І ОБЛАДНАННЯ

### 1.1 Сучасні методи дезінфекції

Сільське господарство – найважливіша галузь економіки нашої країни, що спрямована на вирішення завдань продовольчого забезпечення населення, отримання та реалізації сировини для низки галузей народного господарства. В останні роки відбулися суттєві зміни у сільськогосподарському виробництві: сформовано нові економічні умови сільськогосподарського виробництва, відбувається розукрупнення сільськогосподарських організацій, активізується розвиток індивідуального сектору. У зв'язку з цим, потрібне переоснащення потужностей підприємств та збільшення поголів'я тварин у господарствах для збільшення обсягів продукції [23].

Рентабельність сучасного тваринництва безпосередньо залежить від здоров'я тварин та птиці. Збитки, заподіяні від інфекційних хвороб, набагато вищі, ніж витрати на комплексні профілактичні заходи та дотримання правил санітарно-гігієнічних норм у тваринницьких приміщеннях. Таким чином, найбільш важливим та перспективним напрямком розвитку сільськогосподарського виробництва є збереження та закріплення здорового потенціалу тварин шляхом використання сучасних технічних засобів, а також ефективних, безпечних та екологічно чистих дезінфектантів [9].

Нині питання дезінфекції торкаються дуже багато сфер діяльності – від промислового до ведення домашнього господарства. Шкідливі мікроорганізми завдають непоправної шкоди, як тваринам, так і самій людині, викликаючи широкий спектр різних захворювань. Тому своєчасне проведення комплексу необхідних заходів щодо їх знищення є украй важливим [19].

Під дезінфекцією розуміється сукупність заходів, спрямованих знищення патогенних форм мікроорганізмів. Розрізняють три види дезінфекції:

профілактичну, поточну та заключну. Профілактична дезінфекція проводиться на постійній основі з певною періодичністю і не залежить від епідемічної обстановки, вона носить запобіжний характер, поточна – з метою запобігання подальшому поширенню вже зараження, що виникло, і до повної ліквідації хвороби, заключна – після усунення вогнища інфекції для видалення всіх можливих її слідів. Етапи дезінфекції включають виявлення вогнища поширення мікроорганізмів і розмірів зараженої площі, вибір найбільш відповідного способу, необхідних для проведення дезінфекції препаратів і технічних пристроїв.

Сучасною ветеринарною санітарією застосовуються механічні, фізичні, хімічні, біологічні та комбіновані методи знезараження збудників інфекційних захворювань [20, 21].

Для зменшення кількості та концентрації мікроорганізмів на оброблюваній поверхні застосовується механічний метод дезінфекції, при якому проводять: видалення різних відкладень, вологе прибирання та чистку оброблених поверхонь. Ефективність механічного методу дезінфекції залежить від якості застосовуваних інструментів та пристроїв, за допомогою яких проводиться санітарна обробка. Для підвищення ефективності механічного методу дезінфекції рекомендується нанесення миючих та дезінфекційних засобів розпилювачами, а також щітками та ганчір'ям за допомогою яких досягається повне знищення.

Дезінфекцію фізичним методом проводять шляхом високотемпературного впливу на мікроорганізми різних фізичних факторів: водяної пари, сухого та вологого гарячого повітря, інфрачервоних променів тощо. В останні роки для дезінфекції інструментів та обладнання знайшли застосування електроімпульсні та ультразвукові технічні засоби із частотою хвиль від 20000 Гц. Фізичний метод дезінфекції підходить для знезараження джерел інфекцій у повітрі, воді та на предметах різного призначення, за винятком спорових форм мікроорганізмів.

Основним методом дезінфекції є хімічний метод, у якому застосовуються різні хімічні препарати знищення патогенних і умовно патогенних мікроорганізмів на оброблених поверхнях. Дезінфікуючі препарати повинні характеризуватись широким спектром антимікробної активності, безпекою для людей та довкілля.

Останніми роками набирає популярності біологічний метод дезінфекції, знищення збудників інфекційних захворювань здійснюється мікробами-антагоністами, у якому один штам повністю знищує чи уповільнює зростання іншого [21].

Комбінований метод ґрунтується на поєднанні декількох з перерахованих вище методів дезінфекції.

Вибір методу та способу дезінфекції залежить від типу інфекційної хвороби, якою заражений об'єкт дезінфекції.

## 1.2 Чинники впливу на ефективність процесу дезінфекції

До факторів, що впливають на ефективність дезінфекції, можна віднести: швидкість пересування повітря в приміщенні, конфігурація поверхні, що обробляється, вологість повітря і оброблюваної поверхні, склад дезінфікуючого препарату, вид і режим дезінфекції, експозиція, температура повітря в приміщенні, оброблюваної поверхні та дезінфікуючого препарату [20].

Ефективність дезінфекції залежить від біологічних особливостей патогенних мікроорганізмів; фізико-хімічних, бактерицидних та бактеріостатичних властивостей дезінфікуючих препаратів; норми витрати та часу знаходження дезінфікуючого засобу на оброблюваній поверхні об'єкта [21].

Патогенні мікроорганізми мають такі властивості вірулентності: адгезію, колонізацію, пенетрацію, інвазію та агресію. Дані властивості залежать від виду, стійкості та стадії розвитку мікроорганізмів, будови клітин та властивостей проникності клітинних стінок дезінфікуючих препаратів. Характерними властивостями патогенних мікроорганізмів є специфічність, органотропність та стійкість до дезрозчинів [18].

Для знезараження оброблюваних поверхонь використовуються дезінфікуючі засоби на основі формальдегіду, хлору, глутарового альдегіду, йодовмісних препаратів, органічних кислот та інших сполук. У сучасній санітарній ветеринарії,

з метою зниження екологічної та санітарно-гігієнічної небезпеки, застосовуються дезінфікуючі препарати, виготовлені на основі перекису водню [22].

У таблиці 1.1 наведено показники ефективності основних активних діючих речовин (АДР) до деяких класів вірусів.

Таблиця 1.1

Відносна ефективність основних активних діючих речовин (АДР) до деяких класів вірусів

Активна діюча речовина	Оболонкові ліпофільні віруси	Оболонкові слабо ліпофільні віруси	Безоболонкові слаболіпофільні віруси	Безоболонкові гідрофільні віруси
1	2	3	4	5
Формальдегід	++	++	++	++
Глутаровий альдегід	++	++	++	++
Гліоксаль	++	++	+ / -	+ / -
Етанол	++	++	+	+ / -
Ізопропанол	++	++	++	-
ГОД та інші катіонні тензиди	++	++	-	-
Хлор та його сполуки	++	++	++	++
Перекис водню	++	++	+	+
Пероцтова кислота	++	++	++	++

Результативність дезінфекції визначається протягом перших 15-30 хвилин після нанесення на оброблювану поверхню дезінфікуючого розчину, потім спостерігається лише залишковий ефект. Вплив на мікроорганізми дезінфікуючого

препарату триває доти, доки оброблена поверхня залишається вологою та містить достатню кількість активної діючої речовини (АДР).

Швидкість інактивації патогенних мікроорганізмів залежить від якості дезінфекції, що визначається розмірами одержуваних крапель, рівномірністю розподілу рідини, що дезінфікує, і густиною покриття оброблюваної поверхні, які залежать від стану та експлуатації технічних засобів для розпилення дезінфікуючих засобів [24, 25].

### 1.3 Фізико-механічні властивості дезінфікуючих засобів

Дезінфікуючі засоби характеризується комплексом цінних властивостей: засоби мають антимікробну активність, у тому числі проти збудників туберкульозу, грибків тощо. Крім цього, більшість дезінфікуючих засобів мають хороші миючі та дезодоруючі властивості [22].

Форма дезінфікуючих розчинів та способи їх приготування мають не лише технічне значення, але відіграють істотну роль у дезінфекції хімічних засобів, тобто у їх ефективності. Спосіб приготування форми може істотно впливати на характер дії компонентів, що входять до її складу, викликаючи зміну фізико-хімічних і реологічних властивостей дезінфікуючих засобів.

Серед речовин, що утворюють форму препарату, розрізняють основний або головний хімікат у вигляді діючої речовини та допоміжні речовини, які або посилюють, або продовжують дію основної речовини, або надають препарату необхідну в даному конкретному випадку певну форму.

Структура (форма) та характер взаємодії між окремими елементами дезінфікуючих засобів визначаються біохімічними показниками, концентрацією, температурою, дисперсністю, в'язкістю, агрегатним станом та рядом інших технологічних факторів.

Велике значення при виборі форм дезінфікуючих засобів мають морфологічні та екологічні особливості інфекцій на різних стадіях їх розвитку, а також шляхи проникнення отрути в організм збудників інфекції.

Сучасні дезінфікуючі засоби представляють різні агрегатні стани, вони можуть бути у рідкому вигляді, твердому або газоподібному, а також у вигляді різних форм застосування [26, 27].

До складу дезінфікуючих засобів входять речовини, що діють, з різних класів хімічних сполук. Часто ці засоби поряд з діючими речовинами містять функціональні добавки (миючі компоненти, синергісти, антикорозійні добавки, розчинники, регулятори рН, барвники, ароматизатори та ін.), що надають їм додаткові корисні властивості.

До фізико-механічних властивостей дезінфікуючих засобів відносять: зовнішній вигляд, агрегатний стан, колір та запах. Для рідких дезрозчинів застосовують такі властивості: водневий показник, який характеризує активність і концентрацію водневих іонів рН, їх щільність, показник заломлення, а також в'язкість. Для порошкоподібних субстанцій використовують властивості температури плавлення та кислотно-лужний стан їх розчинів. Дезінфікуючі засоби у вигляді таблеток ще мають властивості розчинності [32].

Наведені вище властивості дезінфікуючих засобів, крім водневого показника, є інтегральними характеристиками готової багатокомпонентної суміші. Величина кислотності рН значною мірою впливає на активність та ефективність застосовуваного дезінфікуючого засобу.

Фізико-механічні та реологічні параметри дезінфікуючих засобів визначається індивідуально для кожного засобу з урахуванням його агрегатного стану та складу, а також умов, методів та об'єктів дезінфекції.

#### 1.4 Аналіз технічних засобів для проведення процесу дезінфекції

Залежно від типу об'єкта (приміщення, машини та обладнання, інвентар тощо), ступеня його очищення, виду та обсягу виконуваних робіт вибираються технології та технічні засоби [10, 37].

Ветеринарно-санітарна (дезінфекційна) техніка з влаштування та призначення поділяється на:

- мобільні ветеринарно-санітарні агрегати;
- портативні дезінфекційні апарати;
- дезінфекційні камери;
- ветеринарна техніка.

Мобільні дезінфекційні агрегати монтуються на автомобільні шасі чи причепи. Вони призначені для проведення дезінфекції та дезінсекції приміщень холодними або гарячими розчинами, обробки тварин дезінфікуючими або інсектицидними препаратами, побілки приміщень, термічного знезараження твердих покриттів, камерної дезінфекції м'якого інвентарю тощо [11].

До цього класу ветеринарно-санітарної техніки відносяться марки ДУК, ЛСД та АІСТ, технічні характеристики яких наведені у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2

Технічні характеристики мобільних дезінфекційних агрегатів

№ п/п	Показники	Марка		
		ДУК	ЛСД	АІСТ
1.	Температура нагрівання дезінфікуючого засобу, °С	80	80	90...100
2.	Час нагріву рідини, °С	5...6	5...7	3...4
3.	Витрата (тип) палива, м <sup>3</sup> /с	6...6,5 (дизпаливо)	4...7 (керосин)	28...30 (газ)
4.	Продуктивність при обробці, тис. м <sup>2</sup>	2,5...4	2,5...4	1...150
5.	Робочий тиск дезрозчину, МПа	0,25	0,4...0,5	2

Найпопулярніша у ветеринарній службі нашої країни дезінфекційна установка Комарова (ДУК) (рис. 1.1). Останнім часом з'явилися нові установки та суттєво модернізовано старі машини.



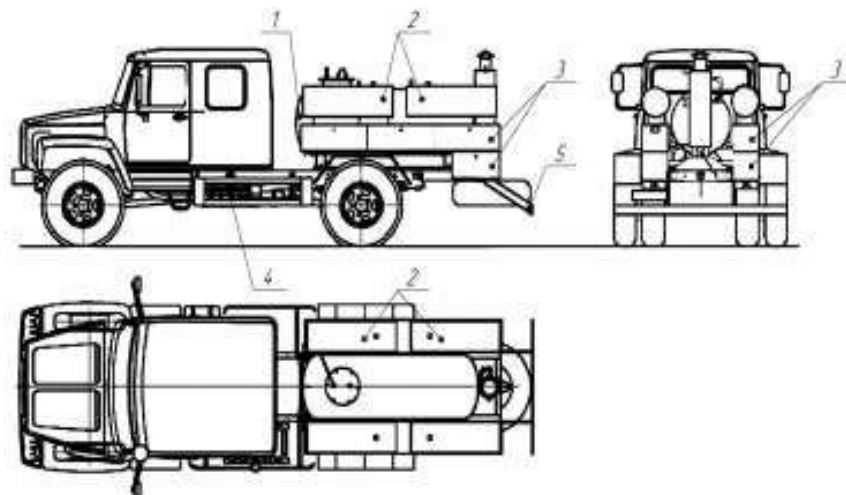


Рис. 1.1 - Автодезустанова «ДУК»: 1 – резервуар для води; 2 – баки для дезінфектантів; 3 – відсіки для приладдя; 4 – насосна станція; 5 – задній брус для підігріву готового дезрозчину

Автодезустанова «ДУК» використовується для дезінфекції (дезінсекції) тваринницьких приміщень холодними і гарячими розчинами, що дезінфікують, а також для побілки приміщень суспензією свіжого гашеного вапном або крейдою, обробки шкірної поверхні тварин підігрітими розчинами.

В даний час також успішно використовуються дезінфікуючі установки серії «ЛСД», які випускається у двох модифікаціях: з бензиновим приводом – ЛСД-ЗМ (рис. 1.2) та електроприводом ЛСД-ЕП.



Рис. 1.2 - Дезінфекційна установка ЛСД-ЗМ

Дезустановки «ЛСД» застосовуються для дезінфекції, дезінсекції тваринницьких та птахівничих приміщень з використання гарячого розчину, а

також для миття та обприскування шкірного покриву тварин інсектицидними та деззасобами.

Основними недоліками ЛСД-3М та ЛСД-ЕП є низький робочий тиск, який знижує якість диспергування дезінфектантів розчинів, малоефективне нагрівання робочої рідини, малий обсяг основного резервуару та додаткових баків, невисокі експлуатаційні характеристики.

Натомість «ЛСД» також можна використовувати дезінфікуючі установки серій «Лелека» (Лелека-2, або 2М, 2С), а також причіпний варіант – «Лелека-2П» (рис. 1.3). Дезінфекційна установка забезпечує дезінфекцію великих обсягів шляхом термохімічного диспергування препаратів у вигляді аерозолю. Для підвищення ефективності, дезінфікуюча установка «Лелека» використовується для прогрівання та просушування приміщень до та після дезінфекції. На вимогу замовників, установка «Лелека» може випускатися у вигляді модуля, вмонтованого на шасі транспортних засобів.



Рис. 1.3 - Схема причіпної установки «Лелека -2П»

Установка складається з авіаційного газотурбінного двигуна М-701, ежекторної системи подачі рідини, що дезінфікує, рами, шасі, продувного сопла, ємності для готового дезрозчину і системи управління [17].

Портативні дезінфекційні апарати застосовуються для невеликих дезінфекцій за обсягом приміщень. До цього класу відносяться вітчизняні гідропульти марки – «Милиця» (рис. 1.4), марок «КЗ», «ГС-3»; обпилювачі марки – «РВД-1», «ОШУ-

50»; обприскувачі марки – «Північ», «Квазар», «ОРП», до зарубіжних моделей відносяться марки «EVA», «Gloria» (рис. 1.4, а), «Spray-Matic» (рис. 1.4, б), «Rosi», «Matabi» (рис. 1.5, в) та ін.

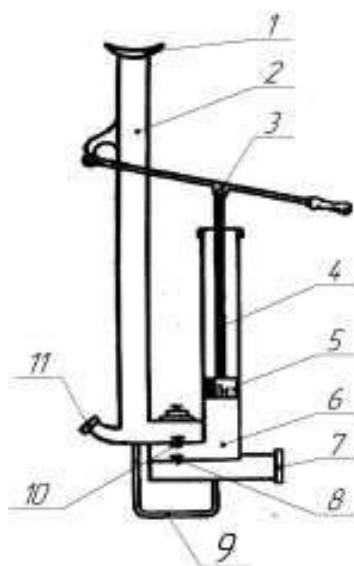


Рис. 1.4 - Схематичний розріз гідропульта «Милиця»: 1 – приклад; 2 – стійка; 3 – важіль; 4 – шток; 5 – поршень; 6 – піддон; 7 – звиваючий штуцер; 8 – всмоктувальний клапан; 9 – стрем'я; 10 – нагнітальний клапан 11 – викидний штуцер



а)



б)



в)

Рис. 1.4 - Закордонні портативні розпилювачі: а) – портативний розпилювач «Gloria»; б) – портативний розпилювач «SprayMatic»; в) – портативний розпилювач «Matabi»

Технічні характеристики портативних апаратів представлені у таблиці 1.3.

## Технічні характеристики деяких портативних апаратів

№ п/п	Показники	Марка			
		Милиця	КЗ	ГС-3	Автомакс
1.	Довжина розпорошеного струменя, м	7...13	5...9	4...7	2...6
2.	Робочий тиск, МПа	0,6	0,6	0,6	0,6
3.	Витрата робочої рідини, л/хв.	6	4,5	1,3	0,6...1,4
4.	Діаметром крапель, мкм	-	-	122...306	25...350

Дезінфекційні камери – спеціальні споруди, призначені для знезараження інвентарю, спеціального одягу, предметів догляду за тваринами та знищення комах за допомогою фізичних, хімічних речовин, що дезінфікують. Дезінфекційні камери поділяються на: парові, парофармолінові, гарячо-повітряні, вакуум-парофармолінові, газові. Також кожна з вищенаведених типів камер можуть бути стаціонарною або мобільною.

При термічній обробці предметів широке застосування знайшли гарячі пари формаліну та води. При обробці парою гарячої води температура в камері встановлюється 85...100°C, а при використанні гарячої пари формаліну – 40...60 °C. У сучасних умовах санітарної ветеринарії набуває популярності дезінфекція з використанням хімічних препаратів в аерозольному стані за допомогою спеціальних апаратів – аерозольних генераторів.

Для отримання дезінфікуючих, терапевтичних та інсектицидних аерозолів застосовуються аерозольні генератори механічного типу, а для отримання інсектицидних та дезінфікуючих аерозолів – термомеханічні генератори [14].

Дезінфекція аерозолями дає можливість одночасно обробляти не лише поверхні та обладнання, а й повітря у приміщенні. Застосування аерозолів значно скорочує витрати ручної праці та заощаджує хімічні засоби на проведення дезінфекції [15].

Для створення «гарячого» туману використовують термомеханічні аерозольні генератори АГ-УД-2; «Куртіс Дайна-ФОГ» – США, «Ігеба» –

Німеччина, а також їх аналоги, технічні характеристики яких представлені в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4

Технічні характеристики деяких моделей аерозольних генераторів

№ п/п	Показники	Марка генератора		
		TF-34	TF-W 60	TF 95 HD
1.	Об'єм паливного бака, л	1,2	2,5	5,5
2.	Потужність камери згоряння, кВт (л. с.)	10(13,6)	33(45)	36,8(50)
3.	Витрата пального, л/г	1,1	3,6	4,0
4.	Об'єм бака робочого розчину, л	5,7	5,7(10)	60
5.	Тиск у баку робочого розчину, бар	0,25	0,30	0,30
6.	Середня витрата робочого розчину на основі органічних носіїв, л/г	15	-	60
7.	Максимальна витрата робочого розчину на основі органічних носіїв, л/г	25	-	100

Для створення «холодних туманів» застосовують ряд аерозольних генераторів марки «САГ», «Циклон» та ін. Всі відомі аерозольні генератори дають можливість отримувати різний ступінь дисперсності аерозолю, однак струм, що отримується, неоднорідний за розмірами крапель [16].

Ефективність застосування дезінфікуючих препаратів залежить від технічного стану та можливостей регулювання на різні режими роботи аерозольних генераторів. Внаслідок цього зростає інтерес до розробки та дослідження нових високоефективних технічних рішень для дезінфекції сільськогосподарських приміщень та обладнання, а також їх впровадження у практику ветеринарно-санітарної дезінфекції.

Найефективнішим та найшвидшим способом обробки сільськогосподарських приміщень та обладнання від мікроорганізмів, комах, грибка та інших шкідників є гарячий туман. Його використовують у різних галузях промисловості та в сільському господарстві, як у тваринницьких приміщеннях, так і в садах, на полях та в городах [16].

Гарячий туман утворюється з дезінфекційної рідини під час нагрівання з наступним розпилюванням з апарату. Частинки засобу в такій парі мають дуже

маленький розмір – від 0,5 до 20 мкм, що у кілька разів менше крапель у холодному тумані та у сотні разів менше часток рідини у факелі із простих гідравлічних розпилювачів.

Ефективність дезінфекції гарячим туманом залежить від розмірів розпорошених крапель. Підвішені в повітрі частинки дуже повільно осідають, встигаючи знищити бактерії та суперечки у повітрі та проникнути у важкодоступні місця по всьому приміщенню. Гарячий туман відрізняється рівномірністю розподілу частинок у просторі, відповідно і обробки: він покриває всі поверхні предметів, обладнання, а на відкритих просторах поширюється на велику площу [33].

У міру обробки та дезінфекції гарячим туманом хмара деззасобу остигає, частинки осідають на всіх поверхнях та утворюють тонку невидиму плівку. На відміну від крапель холодного туману, така плівка покриває як горизонтальні, а й вертикальні поверхні. Її отруйна дія триває ще кілька днів. Гарячий туман можна створити лише за допомогою спеціального обладнання – генератора гарячого туману термомеханічного типу. Інші види генераторів (дискові, аерозольні, ультразвукові) не підходять для такої обробки, тому що виробляють лише холодний туман.

У існуючих генераторів гарячого туману три основні обмеження використання. Гарячий туман не рекомендується використовувати в побутових приміщеннях, а також у присутності тварин, без захисних засобів. Крім того, гарячий туман деяких дезінфікуючих засобів може бути шкідливим для деяких видів тварин. Не всі деззасоби та інсектициди підходять для генераторів гарячого туману. Деякі розчини при нагріванні вище 100°C втрачають ефективність. При неправильній експлуатації генератори гарячого туману можуть спричинити пожежу або вибух.

## 1.5 Аналіз досліджень методів та засобів розпилювання рідин

Процес дроблення рідини на дрібні краплі в газове (повітряне) середовище називається диспергуванням, а пристрої для його досягнення розпилювачами (форсунки). Основними робочими характеристиками розпилювачів є розмір одержуваних крапель рідини, концентрація та швидкість створення аерозолю, а також її просторовий розподіл [33, 34].

В даний час можливі крапельні та струменеві методи розпилювання рідин. При краплинному розпилюванні краплі формуються за отвором розпилювача, і цей процес протікає подібно до утворення бульбашок при барботажі, коли щільність крапель рідини менше, ніж у середовища, в яке вона потрапляє. При струминному розпилюванні, краплі утворюються при розпаді рідини на окремі частинки в газовому середовищі [33].

Крапельний метод розпилювання рідин має високу енергоємність. Внаслідок цього струменевий метод розпилювання більш поширений, ніж крапельний.

При розпилюванні рідин розрізняють наступні режими: крапельний, хвильовий і розпилюючий.

У світі стає більш актуальним використання вихрового ефекту отримання тепла і холоду. Вихрові апарати успішно застосовуються як джерело тепла та холоду для термічного впливу та поліпшення технічних показників розпилювачів при диспергуванні різних середовищ.

Ефект температурного поділу потоку або вихровий ефект був відкритий випадково французьким інженером Жозефом Ранком при дослідях з промисловими циклонами. Німецький вчений Роберт Хілш опублікував свої проведені дослідження на вихрових трубах, удосконаливши конструкцію труби Ж. Ранка, і явище набуло популярності по всьому світу. Р. Хілш ввів класичні критерії та величини, які використовуються в розрахунках досі. Часто вихрові труби називають на ім'я своїх творців трубою Ранка або Ранка-Хілша [29].

Вихрові труби мають такі переваги як простота конструкції, компактність; низька вартість виробництва; висока надійність; значна швидкість виходу робочий

режим; реалізація декількох процесів одночасно: фазовиділення, охолодження та нагрівання потоку газу.

За останні роки досліджень розроблено та класифіковано основні типи вихрових труб: прямоточні, протиточні, двоконтурні та одноконтурні (з виходом одного потоку).

Енергорозділення в протиточному вихровому апараті наведено на рис. 1.5.

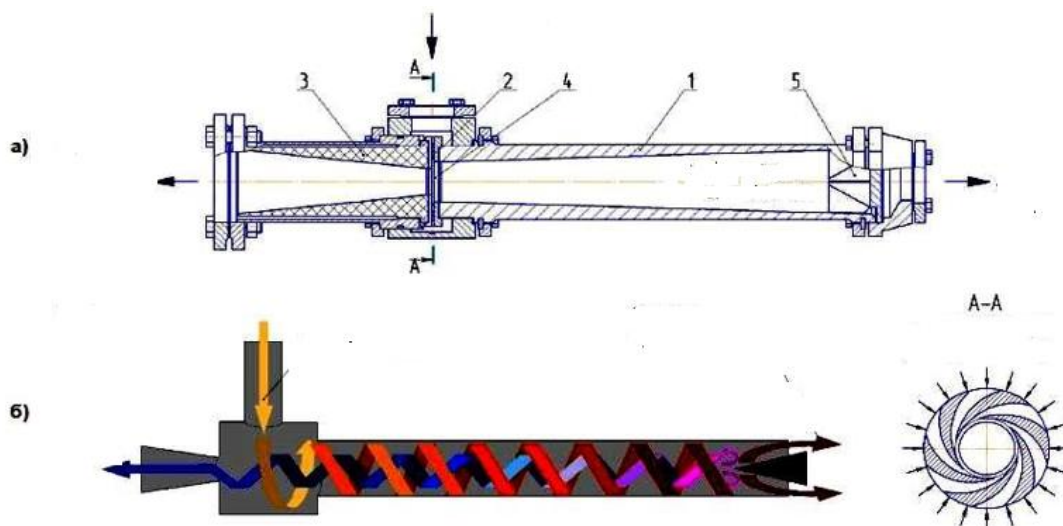


Рис. 1.6 - Вихрова труба: а) вихрова труба в розрізі; б) технологічна схема перебігу газу у вихровій трубі: 1 – кінцева камера енергорозділу; 2 – закручувальний сопловий апарат (соплове введення); 3 – дифузор холодного потоку; 4 – діафрагма для відбору холодного потоку; 5 – розвихрювач гарячого потоку

Стиснене повітря надходить у вихрову камеру і в процесі закрутки у вихровій трубі формується вільний вихор, температура якого на периферії підвищується, а по центру вихору знижується. Нагрітий газ виходить через кінець камери енергорозділення, а охолоджений – через протилежний кінець [29, 30].

Аналіз результатів досліджень показує, що вихрові пристрої залишаються актуальним об'єктом вивчення для багатьох вчених усього світу. Розробка точних математичних моделей дасть можливість підвищити енергоефективність різного обладнання заснованих на роботі вихрових труб і оптимізувати конструкційні та технологічні параметри новостворених вихрових пристроїв, що розробляються.



На сьогоднішній день, закручування потоку широко використовується, як засіб інтенсифікації різних фізичних процесів.

З метою найкращого представлення фізичних процесів розглянемо технологічний процес вихрової труби (рис. 1.7). Стиснене повітря, надходячи в завихрювач 2, закручується і формується вільний вихор вздовж циліндричної труби 1, температура якого підвищується. Біля центральної зони 4 завихрювача 2 утворюються зворотні течії закрученого потоку стисненого повітря, температура якого знижується. У сучасних вихрових трубах для закрутки стисненого повітря застосовуються завихрювачі тангенціального або равликowego типу.

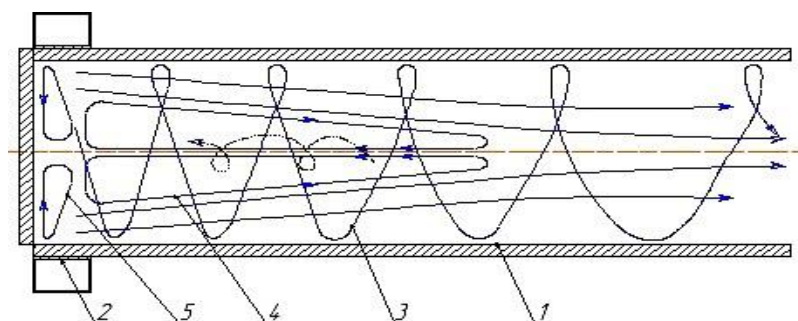


Рис. 1.7 – Схема течії в трубі поблизу тангенціального або равликowego завихрювача: 1 – циліндрична труба; 2 – завихрювач; 3 – периферійний вихровий потік; 4 – центральна зона зворотних течій; 5 – торцева циркуляційна течія

При проектуванні вихрових труб діаметр завихрювача вибирають рівним половині внутрішнього діаметра циліндричної труби 1, а довжина закрученого потоку може досягти декількох десятків діаметрів циліндричної труби.

Зворотні течії виникають за рахунок руху закрученого потоку газу вздовж труби, де його окружна швидкість падає через тертя стінки труби і зменшується радіальний перепад тиску. Якщо швидкість поступального руху закрученого потоку газу вздовж труби невелика, то різке зменшення радіального перепаду тиску вздовж труби призводить до появи на осі труби негативного градієнта тиску, внаслідок чого з'являється зворотний перебіг.

Для обчислення та оцінки показників ефективності роботи вихрових пристроїв (рис. 1.8) застосовуються такі безрозмірні величини як адіабатний ККД  $\eta$  та коефіцієнт температурної ефективності  $\eta_T$ .

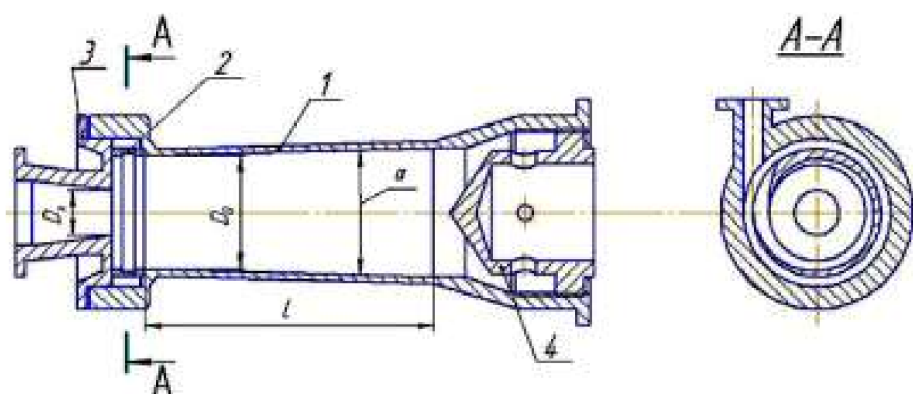


Рис. 1.8 - Вихровий апарат: 1 – камера енергорозподілу; 2 – завихрювач; 3 – діафрагма; 4 – дросель

Багатьма вченими виявлено, що з підвищенням ефективності роботи вихрових труб необхідно змінити відносні і абсолютні розміри, як окремих елементів, і труб цілком. Внаслідок чого було виявлено оптимальні параметри, які наведені у таблиці 1.5.

Таблиця 1.5

Оптимальні геометричні параметри, що підвищують ефективність роботи вихрових труб

№ п/п	Параметри	Розмірність	Позначення	Чисельне значення
1	Діаметр труби	мм	D	94
2	Довжина труби	мм	L	520
3	Відношення довжини до діаметру	-	L/D	5,5
4	Діаметр циліндричного тангенціального сопла	мм	$d_T$	25
5	Залежність площі сопла до діаметра труби	-	$2(d_T/D)^2$	0,14
6	Діаметр діафрагми холодного повітря	мм	$d_c$	35
7	Відношення діаметра діафрагми холодного повітря до діаметра труби	-	$d_c/D$	0,37
8	Число Маха	-	$M_0$	0,4...0,5

## РОЗДІЛ 2

### ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ВІХРЕВОГО ІНЖЕКТОРНОГО РОЗПИЛЮВАЧА

#### 2.1 Класифікація розпилювачів рідини

Процеси диспергування рідин зустрічається практично у всіх галузях нашої країни, в тому числі і в сільському господарстві. Вибір пристрою, що розпилює, залежить від його конструкційних і технологічних характеристик. Способи розпилювання ґрунтуються на використанні різних варіантів підведення енергії, що витрачається на диспергування рідин [11]. Враховуючи вищевикладені передумови, нами розроблено структурну схему розпилювання рідин, яка представлена на рисунку 2.1.

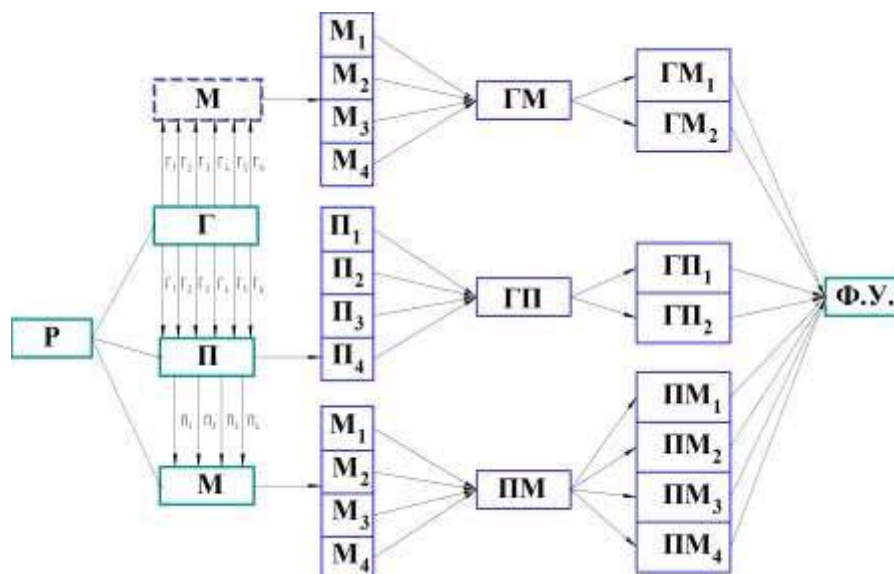


Рис. 2.1 - Структурна схема розпилювання рідин: Р – процес розпилення рідин; Г – гідравлічне розпилення; П – пневматичне розпилення; М – механічне розпилення; ГМ – гідромеханічне розпилення; ГП – гідро-пневматичне розпилення; МП – пневмо-механічне розпилювання; ГМ1 – форсунки ударного типу; ГМ2 – форсунки з струменями, що стикаються; ГП1 – відцентрово-пневматичні форсунки; ГП2 – форсунки з ежекцією повітря; ПМ1 – форсунки з емульгуванням (барбатуванням); ПМ2 – форсунки ударно-пневматичні;

ПМЗ – форсунки акустичні з підведенням енергії через газ; ПМ4 – форсунки з підведенням енергії від зовнішнього джерела; ФУ – форсуночний пристрій

Класифікація форсунок справедлива лише для однакових «ідеальних» умов, наприклад, робота форсунки в незамкненому просторі в нерухомому газовому середовищі. Інакше, наприклад, під час роботи відцентрової форсунки, плівка рідини може встигати розпастися самостійно, а буде зруйнована високошвидкісним потоком повітря, тобто. відцентрова форсунка перемістилася б за класифікацією із групи гідравлічного до групи пневматичного розпилю.

Розглядаючи нові методи системного аналізу проектування, значний інтерес становлять методи морфологічного аналізу та синтезу, що дозволяють здійснювати планомірний пошук перспективних інженерних рішень у багатоваріантній множині технічних засобів для розпилювання рідин (форсуночних пристроїв) [16, 17].

Таким чином, на підставі структурного аналізу розроблено класифікацію розпилювачів рідини, яка має велике значення, як для оцінки створюваних знову, так і форсуночних пристроїв, що використовуються. Окрім цього, можливо розробити морфологічну та трикутну матрицю бінарних відносин, які дозволять отримати інформацію щодо комбінацій усіх розпилювачів, індексів апаратів, що випускаються для сільськогосподарських підприємств та виявити принципово неможливі та неефективні варіанти, опису патентів та технічної літератури.

## 2.2 Обґрунтування застосування вихрової труби, як джерела теплової енергії

На сьогоднішній день сучасні вихрові труби успішно використовуються, як джерело тепла та холоду в різних технологічних процесах. Холодний і гарячий потоки, що виробляються вихровою трубою, застосовується для вирішення різноманітних промислових завдань точкового та технологічного охолодження та нагрівання [38, 39].

Для отримання гарячого туману та покращення технічних показників розпилювача нового типу, як джерело теплової енергії нами застосована вихрова труба (рис. 2.2), яка забезпечує нагрівання дезінфікуючого розчину при його розпиленні.

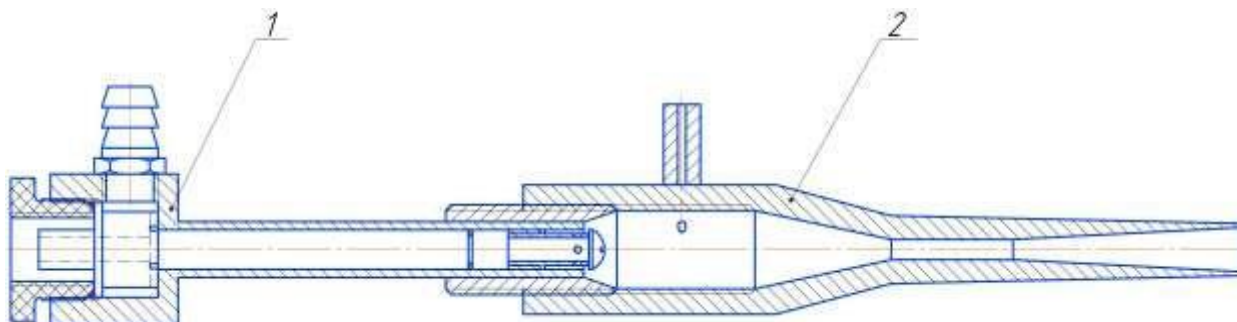


Рис. 2.2 - Вихровий інжекторний розпилювач у тандемі вихровою трубою: 1 – вихрова труба; 2 – вихровий інжекторний розпилювач

Тепло, що генерується вихровою трубою, дозволяє замінити полум'яні та електричні підігрівачі та знизити споживання електричної енергії та рідкого палива, викид продуктів згоряння та підвищити пожежну безпеку дезінфікуючої установки.

### 2.3 Тепловий баланс у вихровому інжекторному розпилювачі термомеханічного типу

У розпилювач (рис. 2.3) робоча рідина та гарячий газ подаються до приймальної камери 1. У приймальній камері гарячий газ із вихрової труби змішується з робочою рідиною і віддає своє тепло їй. При подачі в приймальну камеру дезінфікуючий розчин необхідно розпорошувати, тим самим домагаємось великої поверхні зіткнення крапель робочої рідини та гарячого газу. Внаслідок чого, масо- та теплообмін протікають дуже швидко. При цьому температура газу, що нагрівається з вихрової труби, буде охолоджуватися до температури нагрітої рідини, що розпорошується, із сопла вихрового інжекторного розпилювача. З приймальної камери водоповітряна суміш надходить у камеру змішування 3. За рахунок різкого зменшення діаметра

камери змішування, водоповітряна суміш набуває високої швидкості і надходить у дифузор 3. У дифузорі кінетична енергія суміші переходить у потенційну. Внаслідок збільшення перерізів дифузора, швидкість нагрітої газо-рідинної суміші падає, а тиск зростає, що приводить до дрібнішого дроблення крапель дезінфікуючої рідини.

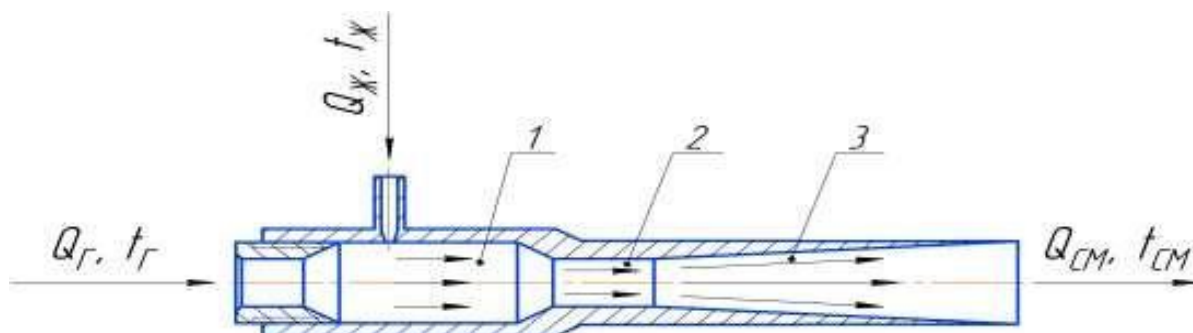


Рис. 2.3 - Схема вихрового інжекторного розпилювача: 1 – приймальна камера; 2 – камера змішування; 3 – дифузор

Для теоретичного визначення температури нагрітої газорідинної суміші дезінфікуючої рідини  $t_{СМ}$  в інжекторному розпилювачі складено рівняння теплового балансу [35, 36]:

$$Q_{Г} + Q_{Ж} = Q_{СМ} + \Delta, \quad (2.16)$$

де  $Q_{Г}$  – кількість теплоти газу, що нагрівається на вході з вихрового інжекторного розпилювача, Дж;

$Q_{Ж}$  – кількість теплоти дезінфікуючої рідини на вході з вихрового інжекторного розпилювача, Дж;

$Q_{СМ}$  – кількість теплоти дезінфікуючої рідини на виході з вихрового інжекторного розпилювача, Дж;

$\Delta$  – кількість втрат тепла через корпус вихрового інжекторного розпилювача у навколишнє середовище, Дж.

Зробивши ряд перетворень із рівняння теплового балансу впливає, що при збільшенні норми витрати рідини, що нагрівається, знижується температура суміші на виході і дисперсність одержуваного аерозолі. Для отримання

температури робочої рідини  $75^{\circ}\text{C}$  необхідно підтримувати масові витрати в межах  $0,014\dots 0,017$  кг/хв.

#### 2.4 Результати чисельного моделювання

Проведено дослідження та отримано результати чисельного моделювання характеристик вихрового інжекторного розпилювача термомеханічного типу.

На початковому етапі досліджено роботу вихрової труби при різних тисках  $P_S$  на його вході та отримані результати енергорозподіл вихрового потоку, які наведені в таблиці 2.1 [35, 36].

Таблиця 2.1

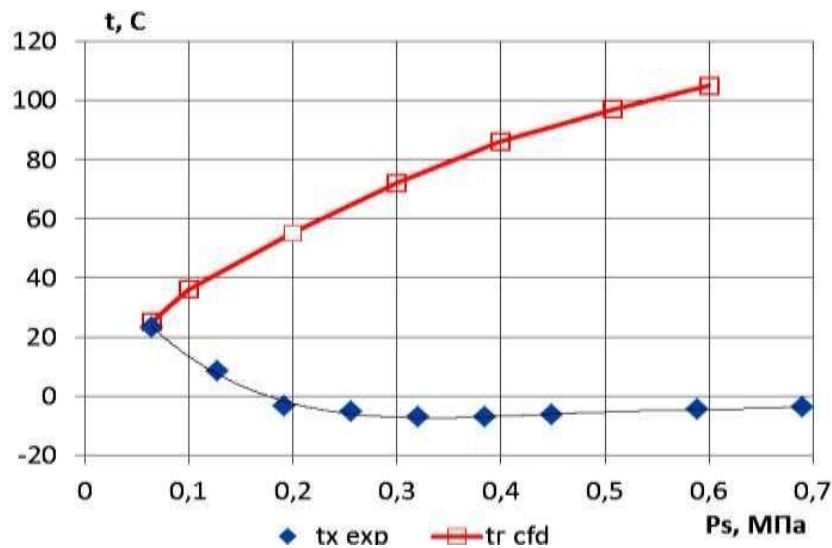
Параметри гарячого потоку при різних значеннях живильного тиску  $P_S$  на вході у вихрову трубу

$P_S$ , МПа	$t_G$ , $^{\circ}\text{C}$	$G_G$ , кг/г
0	24,8	0
0,064	24,8	2,159
0,128	41,8	3,432
0,193	58,3	4,281
0,257	65,4	5,130
0,321	75,0	5,824
0,385	83,1	6,460
0,449	90,7	7,049
0,589	102,3	8,194

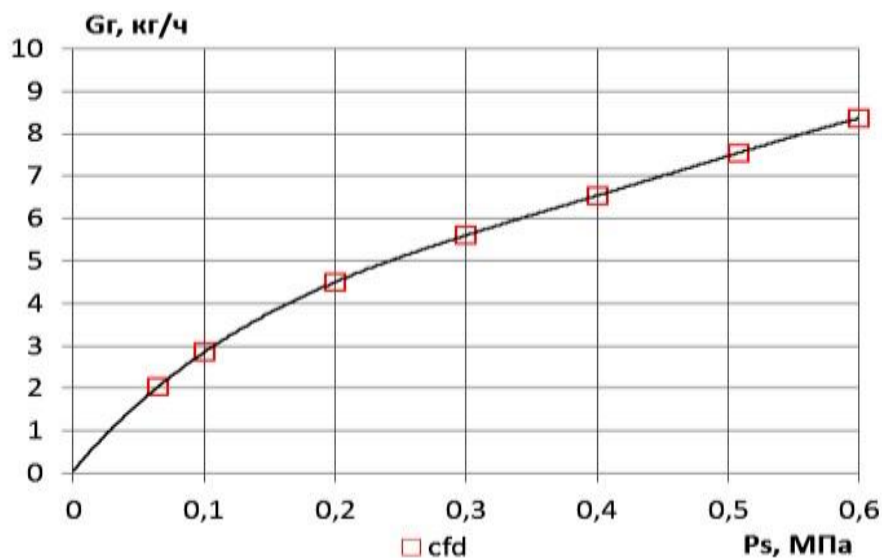
Дані температури  $t_G$  і витрати гарячого потоку  $G_G$  задавалися з урахуванням згладжування за поліномами (рис. 2.4).

При збільшенні живильного тиску  $P_S$  загальна витрата  $G_S$  зростає лінійно (рис. 2.5). Гарячий  $G_G$  і холодні  $G_X$  потоки також зростають.

Конструктивно зазор дроселюючої щілини з боку гарячого потоку залишається постійним. Це призводить до зростання відносної масової витрати холодного потоку (рис. 2.6).



а)



б)

Рис. 2.4 - Апроксимація значень гарячого потоку на вході до вихрової камери розпилювача: а) – апроксимація значень температур гарячого  $t_T$  і холодного потоків  $t_X$ ; б) – апроксимація значень витрати  $G_T$ ; індекс «*efd*» – значення за поліномом



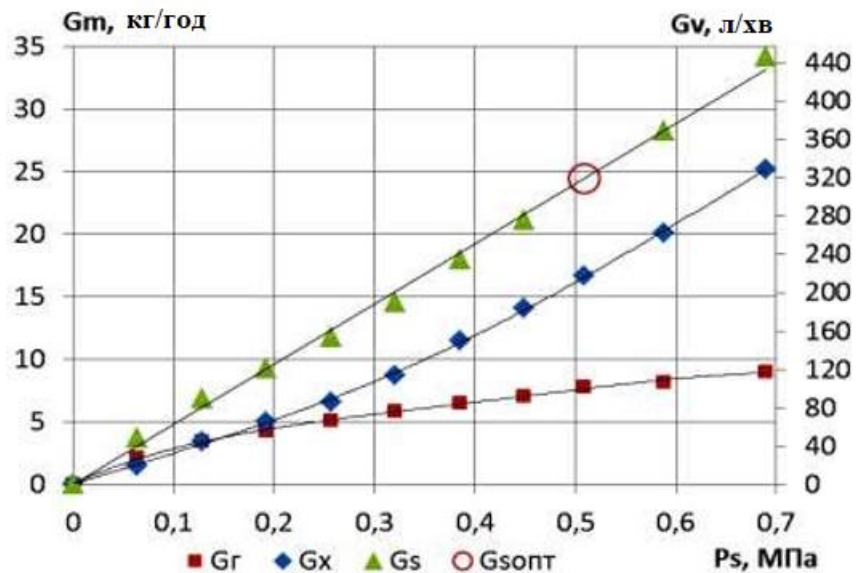


Рис. 2.5 - Значення витрат:  $G_m$  – значення витрат гарячого потоку;  $G_X$  – значення витрат холодного потоку;  $G_S$  – значення загальних витрат (supply);  $G_{Sopt}$  – відзначено оптимальний режим

Спільна дія двох факторів (зростання  $\mu$  і  $G_X$ ) призводить до стабілізації температури холодного потоку. Аналогічно зростання  $\mu$  і  $G_G$  приводить до підвищення температури гарячого потоку. Тепловий баланс вихрової труби зберігається з розбіжністю 8%.

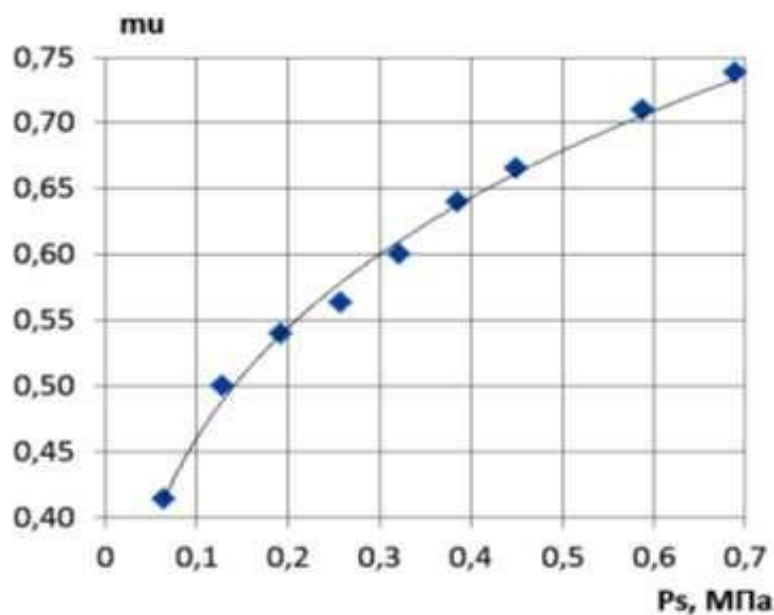


Рис. 2.6 - Залежність відносної масової витрати холодного потоку ( $\mu = G_X/G_S$ )

Розраховано розподіл полів тисків, температур та швидкостей для різних режимів роботи розпилювача. Як основне розглянуто режим  $P_s=0,508\text{МПа}$ , так як температура гарячого потоку досягає  $97^\circ\text{C}$  (рис. 2.4, а), що за відповідної подачі гарячого повітря  $G_T = 7,78\text{ кг/г}$  (загальна витрата  $G_V = 318\text{ л/хв}$ ) дозволяє отримати температуру суміші на виході вище  $70^\circ\text{C}$ . Витрата розчину в суміші прийнята  $G_{\text{ж}} = 15\text{ г/хв}$ , що забезпечує нанесення на оброблювану поверхню порядку  $5\text{ г/м}^2(\text{мл/м}^2)$ .

## 2.5 Результати моделювання руху суміші гарячого повітря с дисперсною фазою у проточній частині розпилювача

Розрахунок проведено із використанням двофазної моделі Ейлера. Дисперсність рідкої фази задана згідно з отриманими експериментальними результатами.

Рівняння збереження маси, кількості руху, енергії розраховувалися окремо кожної фази, але з урахуванням міжфазних сил взаємодії. Кордони фаз не визначалися. В результаті розраховано розподіл температури, тиску і швидкості суміші.

При подачі в розпилювач дезінфікуючого розчину в перерізі  $x = -140\text{ мм}$  з температурою  $20^\circ\text{C}$  витратою  $15\text{ г/хв}$  температура суміші в перерізі  $x = 0\text{ мм}$  досягає до  $71^\circ\text{C}$  (рис. 2.7), що відповідає тепловому балансу при змішуванні.

В разі  $P_s=0,508\text{ МПа}$  на корисне нагрівання дезінфікуючої рідини з  $20$  до  $71^\circ\text{C}$  при його витраті  $G_{\text{ж}}=0,015\text{ кг/хв}$  витрачається  $52\text{ Вт}$ .

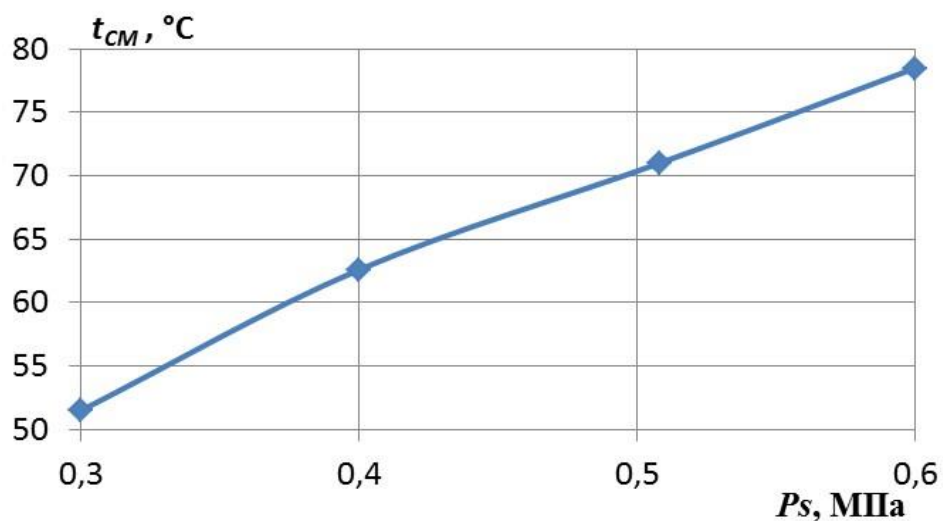


Рис. 2.7 - Залежність температури суміші від тиску живлення вихрової труби  $P_s$  при постійній подачі рідини, що дезінфікує, з витратою  $G_{ж}=15$  г/хв і температурі  $t_{см}=20^{\circ}\text{C}$

Варто відзначити, в ході обробки струмись буде гальмуватися на поверхні стінки, розтікатися і пляма в зоні обробки буде ширшою, а температура по радіусу буде більш постійною.

## РОЗДІЛ 3

### ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

#### 3.1 Програма експериментальних досліджень

Для оцінки висунутих теоретичних положень та перевірки відповідності конструктивних параметрів та характеристик, натурних зразків розпилювачів, а також для встановлення їх працездатності в реальних умовах розроблено програму експериментальних досліджень.

Програмою експериментальних досліджень передбачалася реалізація наступних етапів:

- підготовка обладнання та матеріалу, необхідного для проведення лабораторних досліджень;
- проведення порівняльних досліджень типових та нових розпилювальних пристроїв;
- виготовлення технічного засобу (вихровий інжекторний розпилювач термомеханічного типу) для дезінфекції приміщень, машин та обладнання сільськогосподарського призначення;
- визначення та обґрунтування основних технологічних параметрів вихрового інжекторного розпилювача термомеханічного типу;

На підставі поставлених завдань програми експериментальних досліджень було визначено такі заходи:

- розробка експериментальної установки для підтвердження теоретично обґрунтованих параметрів вихрового інжекторного розпилювача, що впливають на основні показники роботи дезінфікуючої машини;
- проведення експериментальних досліджень у лабораторних та виробничих умовах.

Експерименти для дослідження технологічного процесу дезінфекції та роботи вихрового інжекторного розпилювача термомеханічного типу проводились у два етапи.

Перший етап розкриває дослідження розпилювальної системи дезінфікуючої машини, другий – дослідження технологічного процесу дезінфекції з метою оцінки його ефективності. На першому етапі експерименти проводились у лабораторних умовах.

Другий етап розкриває дослідження у виробничих умовах з розпорошенням дезінфікуючого засобу «Віроцид» на поверхні, що обробляється.

Зоотехнічні вимоги регламентують якісні показники технологічного процесу розпилення розчинів, що дезінфікують:

- середня витрата робочої рідини  $Q_{жс}=0,01...1$  л/м<sup>2</sup>;
- допустима нерівномірність витрати робочої рідини  $\beta \leq 15\%$ ;
- дисперсність розпилу  $d_m = 20...250$  мкм;
- допустима нерівномірність покриття для розпилювальних систем  $Y < 15\%$ ;
- густина покриття оброблюваної поверхні дезінфікуючими розчинами.

Під час проведення експериментальних досліджень вихрового інжекторного розпилювача вивчався впливом геть на якість розпилу наступних факторів:

- тиск стисненого повітря  $P_s$ , що подається з вихрової труби в робочу камеру вихрового інжекторного розпилювача;
- температура стисненого повітря  $t_\Gamma$ , що подається з вихрової труби в робочу камеру вихрового інжекторного розпилювача;
- температура дезінфікуючого розчину  $t_{ж}$ , подається в робочу камеру вихрового інжекторного розпилювача;
  - діаметр камери змішування  $d_{кс}$ ;
  - довжина камери змішування  $l_{кс}$ ;
  - кут конусності дифузора  $\varphi_{диф}$ .

Для проведення лабораторного дослідження використано метод планування багатфакторних експериментів та регресійного аналізу дослідних даних з використанням програм Statistica.

### 3.2 Експериментальне обладнання

Для лабораторних досліджень структури потоку газорідинної суміші у проточній частині, визначення конструктивних та режимних параметрів вихрового інжекторного розпилювача та отримання достовірних результатів розроблено експериментальний стенд (рис. 3.1).

Експериментальний стенд складається з досліджуваного вихрового інжекторного розпилювача 7, підключеного до труби вихрової з боку гарячого потоку, системи подачі стисненого повітря, вимірювання і регулювання витрат стисненого повітря. Система подачі стиснутого повітря складається з компресора 1 та ресивера 2. Для визначення витрати стисненого повітря з ресивера і холодного потоку з труби вихрової використовували ротаметри 4 і 9 відповідно. Для вимірювання температур стисненого повітря з ресивера, холодного потоку з вихрової труби та гарячого потоку з вихрового інжекторного розпилювача застосували термомпари.

Надлишковий тиск у системі визначали за допомогою манометрів.

Стенд дозволяє провести випробування вихрової труби та вихрового інжекторного розпилювача при тисках подачі стисненого повітря до 0,6 МПа, температури  $-50\dots+150^{\circ}\text{C}$  та загальні витрати газу до  $1,5\text{ м}^3/\text{хв}$ .

Для проведення випробувань та підтвердження запропонованих теоретичних передумов, а також перевірки працездатності вихрового інжекторного розпилювача термомеханічного типу, було спроектовано та виготовлено експериментальну дезінфікуючу установку.

Схема експериментальної лабораторної установки наведено рис. 3.2. Установка включає досліджуваний вихровий інжекторний розпилювач 8 системи подачі, вимірювання і регулювання витрат дезінфікуючого засобу і стисненого повітря.

Система подачі дезінфікуючого засобу включає ємність 5 з нержавіючої сталі об'ємом  $0,12\text{ м}^3$ , компресор 1 та трубопроводи. Робоча рідина подається на

розпилювач 8 трубопроводом. Стиснене повітря з компресора 1 подається в вихрову трубу 7 через осушувач 4.

Вимірювання витрати стисненого повітря проводиться ротаметром 11, витрати робочої рідини – лічильником води 12 марки СГВ-15. Для контролю робочих тисків рідини та стиснутого повітря використовуються манометри 2.

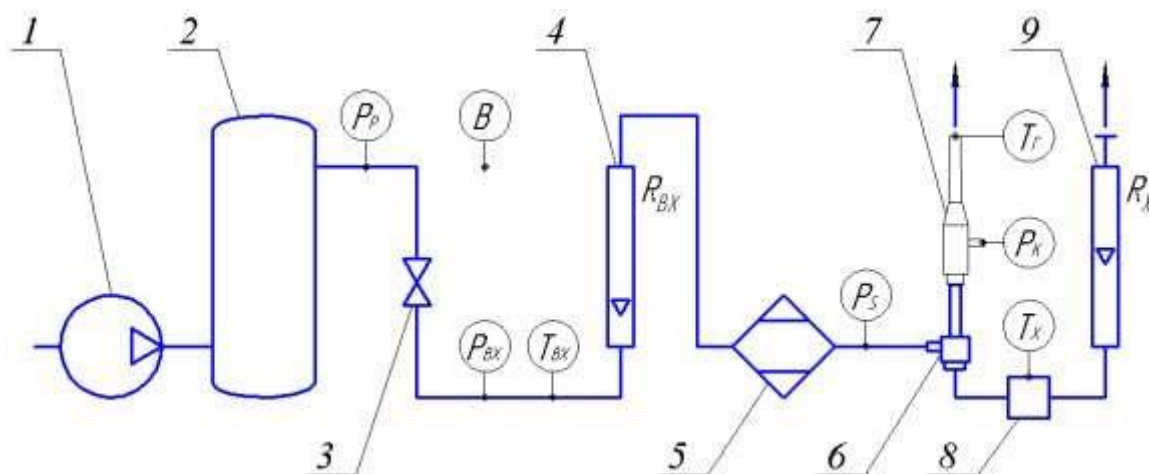


Рис. 3.1 - Схема експериментального стенду для випробування вихрового інжекторного розпилювача термомеханічного типу: 1 – компресор; 2 – ресивер; 3 – вхідний вентиль; 4 – ротаметр стиснутого повітря; 5 – осушувач вихрової труби; 6 – вихрова труба; 7 – вихровий інжекторний розпилювач; 8 – вихідна камера холодного потоку; 9 – ротаметр холодного потоку

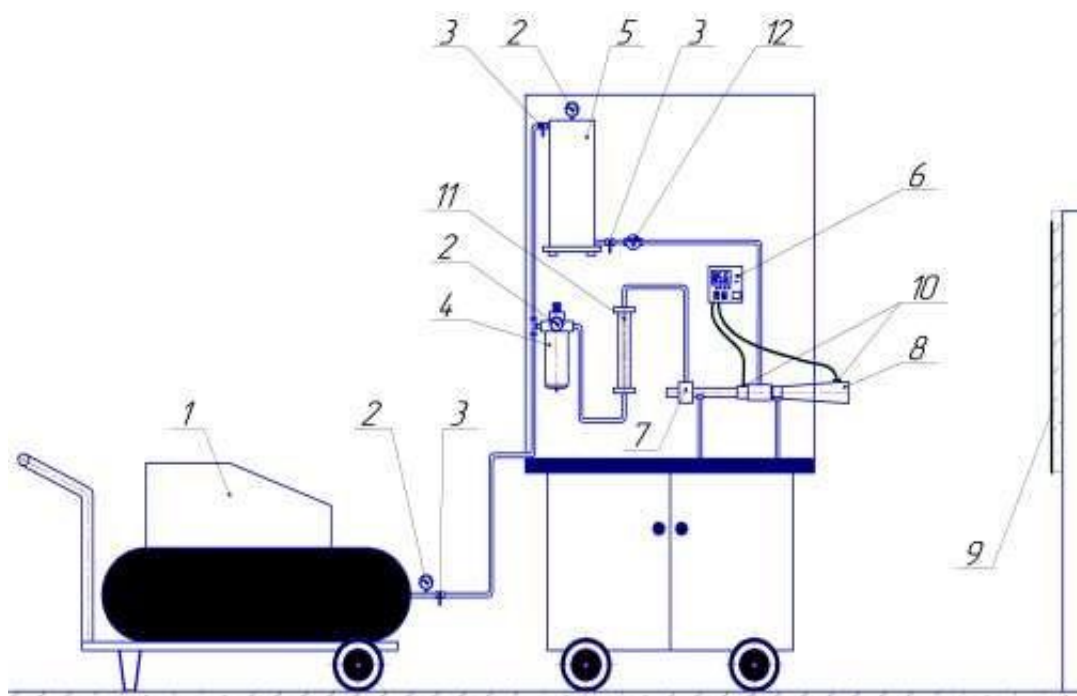


Рис. 3.2 - Експериментальна дезінфікуюча установка: 1 – компресор; 2 – манометр; 3 – кран; 4 – осушувач-відстійник; 5 – бак-змішувач; 6 – універсальний вимірювач-регулятор; 7 – вихрова труба; 8 – розпилювач струминний; 9 – оброблювана поверхня; 10 – датчики температури; 11 – ротаметр; 12 – лічильник води СГВ-15

Для регулювання подачі робочої рідини і стиснутого повітря використовуються запірні вентиля 3. Для визначення температур стисненого повітря, що подається через вихрову трубу 7 на вході, а також газорідного середовища на виході розпилювача використовуються датчики температур (термопари) 10, які з'єднані вимірювальним комплексом.

При проведенні експериментальних досліджень вимірювання параметрів потоків у вихровому інжекторному розпилювачі пов'язане з низкою труднощів, які ведуть до зростання похибки експериментальних даних через порушення структури потоку вимірювальними приладами, що розпоршується рідини:

- відносно малі геометричні розміри розпилювача;
- високі швидкості потоку на виході з активного сопла розпилювача.

З метою отримання достовірних даних про процеси, що відбуваються в проточній частині інжекторного розпилювача необхідно зробити підбір не тільки



методів, а й контрольно-вимірювальних приладів для проведення експериментів.

Через невеликі геометричні розміри проточної частини інжекторного розпилювача однією з головних умов, при виборі контрольно-вимірювальної апаратури, є їх малогабаритність. Вимірювання параметрів комбінованими трубками та зондами практично неможливе, внаслідок чого для дослідження проточної частини інжекторного розпилювача нами були використані трубки повного та статичного тиску. Дані прилади мають малі геометричні розміри і дозволяють знизити обурення потоку в проточній частині розпилювача і, відповідно, отримати всі параметри, що нам цікавлять.

Для реєстрації показань трубок повного та статичного тиску використовували U-подібні рідинні манометри, заповнені дистильованою водою.

Для вимірювання подачі стисненого повітря використали ротаметр марки РМ-40Г УЗ. Стиснене повітря з ресивера компресора подавали на вологовідділювач стисненого повітря марки УСВ-0,8В, потім на ротаметр та за шкалою визначали хвилину витрати стисненого повітря через вихрову трубу.

Вимірювання температури дезінфікуючого розчину в баку проводили за допомогою терморпарі марки ДТС014-50М впаяний у кран подачі та реєстрували на вимірювальному комплексі.

Вимірювання витрати дезінфікуючого розчину проводили лічильником СГВ-15 БЕТАР (рис. 3.3).



Рис. 3.3 - Лічильник витрати рідини СГВ-15

Тиск у ємності з дезінфікуючим розчином фіксували манометром МП-100 (рис. 3.4).



Рис. 3.4 - Місткість з дезінфікуючим розчином для визначення тиску робочої рідини: 1 – кран регулювальний; 2 – ємність з дезінфікуючим розчином; 3 – манометр МП-100

Для визначення атмосферного тиску та температури навколишнього середовища використовували барометр-анероїд БАММ-1 (рис. 3.5).



Рис. 3.5 - Барометр-анероїд БАММ-1: 1 – барометр; 2 – термометр

Усі контрольньо-вимірювальні системи та прилади, використані в лабораторії та у виробничих умовах, які були відтаровані згідно з вимогами ДСТУ.

3.3 Методика визначення характеристик розпилу дезінфікуючої рідини аерозольними розпилювачами

Результативність дезінфекції при розпилюванні рідких дезінфікуючих засобів безпосередньо залежить від правильного вибору розпилювального пристрою. При виборі розпилювача до нього пред'являються такі вимоги:

- спосіб розпилювання та надійність пристрою в конкретному середовищі;
- характеристики розпилу рідкого середовища (дезінфікуючий розчин) пристроєм, що розпилює.

У ряді випадків, якщо розпилюванню піддається високов'язкий дезінфікуючий засіб, то підібрати відповідний спосіб і пристрій, що розпилює, дуже складно. Наприклад, у гідравлічних форсунках диспергування високов'язких середовищ практично неможливо, зважаючи на обмеження розмірами прохідних отворів пристроїв [28].

Тому для розпилення високов'язких дезінфікуючих засобів необхідно змінити (зменшити) їх в'язкість перед розпорощенням, шляхом нагрівання.

До якісних показників роботи розпилювачів належать:

- продуктивність розпилювача;
- кут розкриття смолоскипа;
- середній розмір крапель (дисперсність) – ефективність дезінфекції.

Для визначення порівняльних показників та проведення експериментальних досліджень були використані аерозольні насадки «ГАН» (рис. 3.6) та «ПВАН» (рис. 3.7).

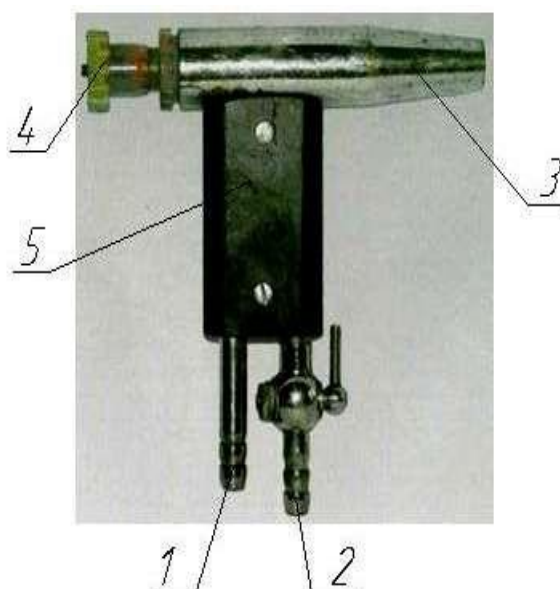


Рис. 3.6 - Турбулююча аерозольна насадка ТАН: 1 – штуцер подачі стисненого повітря; 2 – штуцер із краном для регулювання подачі рідини; 3 – розпилювальна головка; 4 – регулювальний гвинт; 5 – рукоятка

Тривалість дослідів фіксували секундоміром.



Рис. 3.7 - Пневматична вихрова аерозольна насадка ПВАН: 1 – штуцер подачі стисненого повітря; 2 – штуцер із краном для регулювання подачі рідини; 3 – рукоятка; 4 – корпус розпилювача; 5 – розпилювальна головка

Для дослідження якісних показників розпилю вимірювали витрату дезінфікуючого розчину через насадки при різних тисках від 0,1 МПа до 0,6 МПа, періодичністю зміни тиску трохи більше 0,05 МПа, з тривалістю експериментів щонайменше 1-ї хвилини.

Розпилювання дезінфікуючого розчину проводили при різних положеннях аерозольних насадок щодо поверхні, що обробляється з урахуванням геометричних розмірів оброблюваного приміщення і обладнання.

Відповідно до встановлених вимог, критеріїв та показників ефективності аерозольних насадок досліджували рівномірність покриття дезінфікуючого розчину на оброблювану поверхню.

Для оцінки та впливу конструктивних параметрів інжекторного розпилювача термомеханічного типу на дисперсність крапель, теплопередачу від нагрітого стисненого повітря до робочої рідини, густоти та рівномірності покриття дезінфікуючого розчину проведено лабораторні випробування вихрового інжекторного розпилювача, який представлений на рисунку 3.8.



Рис. 3.8 - Вихровий інжекторний розпилювач (VIP): 1 – штуцер подачі гарячого повітря; 2 – штуцер для подачі дезінфікуючого розчину; 3 – розпилювальна головка

## РОЗДІЛ 4

### РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 4.1 Результати лабораторних досліджень аерозольних розпилювачів

За викладеною методикою проведено дослідження щодо визначення порівняльних показників аерозольних розпилювачів «ТАН», «ПВАН» та «ВІР». У таблиці 4.1 наведено порівняльні показники досліджених аерозольних розпилювачів.

Таблиця 4.1

#### Порівняльні показники аерозольних розпилювачів

№ п/п	Показники	Турбулююча аерозольна насадка (ТАН)	Пневматична вихрова аерозольна насадка (ПВАН)	Вихровий інжекторний розпилювач (ВІР)
1.	Живильний тиск стисненого повітря, МПа	0,3...0,5	0,3...0,5	0,3...0,5
2.	Продуктивність компресора, м <sup>3</sup> /ч	30...50	30...50	19...20
3.	Тиск дезінфікуючої рідини в баку, МПа	0,8	0,8	0,1...0,5
4.	Витрата дезінфікуючої рідини, л/хв	0,8...1,1	0,4...0,6	0,009...0,02
5.	Довжина аерозольного факела, м	4...5	3,5...4	0,1...2
6.	Кут розкриття факела, град	30...40	30...60	14...30
7.	Нагрів дезінфікуючої рідини, °С	-	-	50...72
8.	Середній розмір крапель (дисперсність), мкм	15...30*	10...30*	10...30
9.	Рівномірність покриття, %	90...95	90...95	90...100

Результати лабораторних досліджень підтвердили перевагу конструкції вихрового інжекторного розпилювача термомеханічного типу серед аерозольних розпилювачів «ТАН» та «ПВАН». Порівняльні показники ВІР повною мірою

задовольняють вимогам для створення високодисперсних аерозолів. Необхідно відзначити, що в запропонованій конструкції розпилювача при диспергуванні відбувається нагрівання рідини, що дезінфікує, тим самим підвищується дієвість препарату.

#### 4.2 Результати досліджень витрати дезінфікуючої рідини вихровим інжекторним розпилювачем

Експериментальними дослідженнями встановлено, що при підвищенні тиску в баку від 0,1 до 0,5 МПа витрата рідини, що дезінфікує, через розпилювач збільшується від 0,009 до 0,02 л/хв. Залежність витрати рідини, що дезінфікує, від зміни тиску в баку зображена на рисунку 4.1.

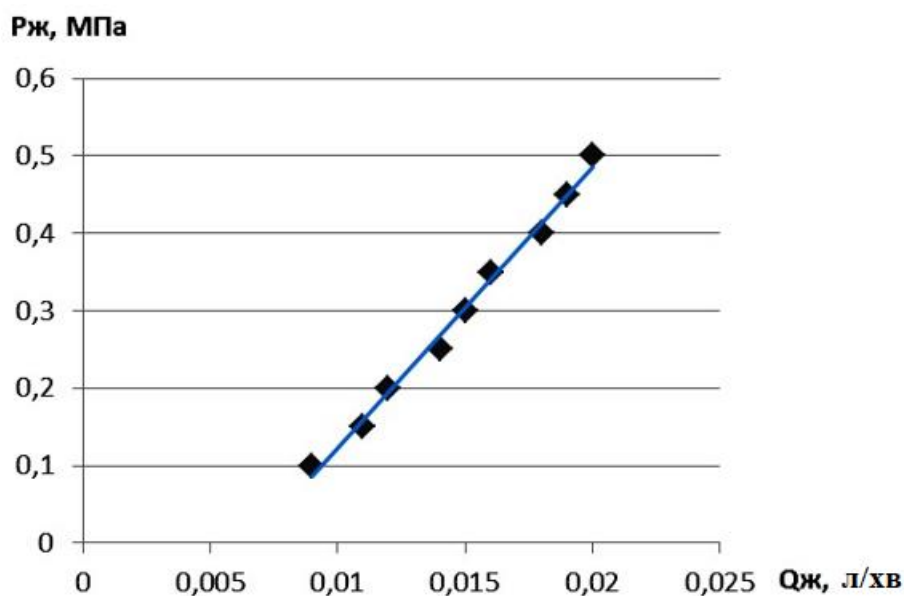


Рис. 4.1 - Залежність витрати дезінфікуючої рідини від тиску в баку

Робочий тиск у баку вибирався згідно з інструкцією щодо застосування препарату, де прописується норма витрати рідини залежно від способу та виду дезінфекції.

### 4.3 Результати досліджень щодо визначення температури аерозолю дезінфікуючої рідини

У лабораторних умовах проведено дослідження щодо визначення температури аерозолю дезінфікуючої рідини при різних режимах роботи дезінфікуючої установки. Визначено, що на температуру аерозолю впливають два показники, це тиск живлення  $P_s$  і витрата дезінфікуючої рідини  $Q_{ж}$ .

Як деззасоби використовували «Віроцид». Згідно з інструкцією щодо застосування препарату витрата складе  $Q_{ж} = 0,015$  л/хв і тиск у баку  $P_s = 3$  МПа (рис. 4.1). У зв'язку з цим змінювали значення живильного тиску  $P_s$  від 1 до 6 МПа з кроком 1 МПа. На рисунку 4.2 наведено графік залежності температури  $t_{жс}$  від живильного тиску  $P_s$ .

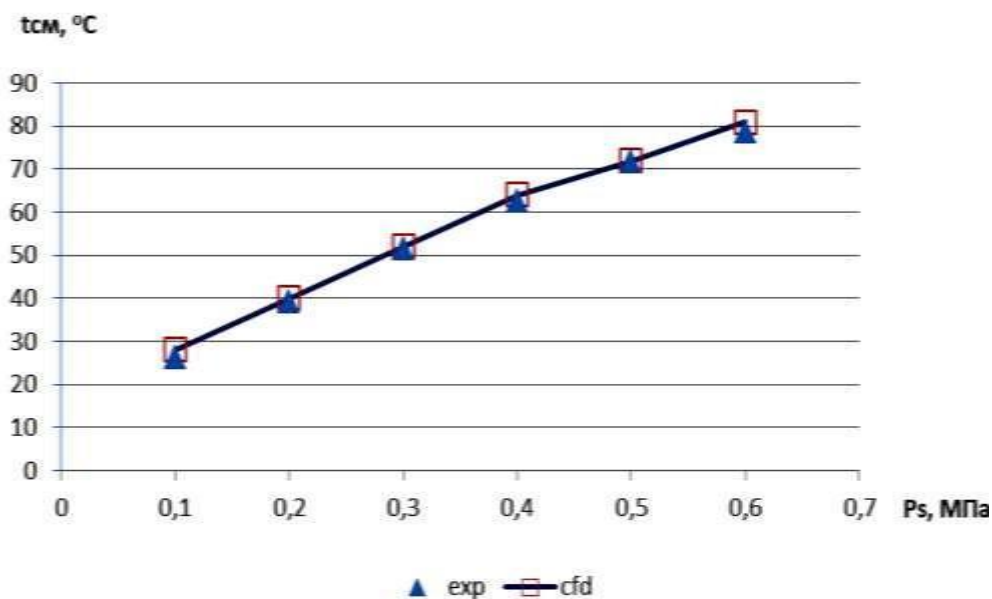


Рис. 4.2 - Залежність температури аерозолю дезінфікуючої рідини від режимів роботи вихрового інжекторного розпилювача: Індекс «*exp*» експериментальні дані; індекс «*cfd*» – значення набуті чисельним моделюванням

Результати експериментальних вимірювань температури аерозолю рідини, що дезінфікує, при різних режимах роботи вихрового інжекторного розпилювача зіставлялися значеннями, отриманими чисельним моделюванням. Встановлено,



що розбіжність значень чисельного моделювання входить у 3% значень, отриманих у лабораторних умовах.

#### 4.4 Результати досліджень дисперсного складу факела струменя

На основі викладеної методики були проведені відповідні експериментальні дослідження щодо визначення розмірів крапель рідини, що одержуються при різних режимах роботи вихрового інжекторного розпилювача.

За допомогою вимірювального стенду для дослідження дисперсного складу факела струменя отримані фотографії сформованих крапель рідини при різних значеннях тиску живлення  $P_s=0,3$  МПа,  $P_s=0,4$  МПа і  $P_s=0,5$  МПа (рис. 4.3).

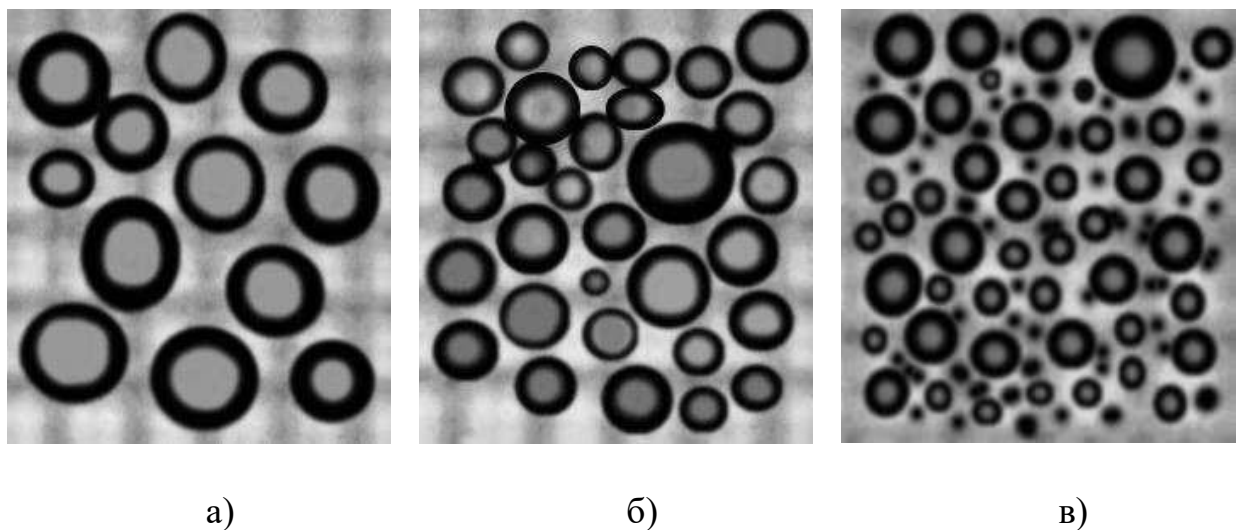


Рис. 4.3 - Фото крапель рідини отриманих за різних режимів роботи розпилювача: а) – при живильному тиску  $P_s=0,3$  МПа; б) – при живильному тиску  $P_s=0,4$  МПа; в) – при живильному тиску  $P_s=0,5$  МПа

За допомогою спеціальної програми Levenhuk Tour View отримано експериментальні значення розмірів осаджених крапель на  $1\text{ см}^2$  за різних режимів роботи інжекторного вихрового розпилювача (табл. 4.2).

Таблиця 4.2

Експериментальні значення розмірів осаджених крапель за різних режимів роботи інжекторного вихрового розпилювача

$P_{in} = 0,3 \text{ МПа}$		$P_{in} = 0,4 \text{ МПа}$		$P_{in} = 0,5 \text{ МПа}$	
n, шт	$D_{cp}$ , мкм	n, шт	$D_{cp}$ , мкм	n, шт	$D_{cp}$ , мкм
158	20	247	20	404	20
124	50	206	50	220	50
107	80	194	80	120	80
101	110	156	110	60	110
86	140	110	140	27	140
69	170	64	170	16	170
54	200	25	200	5	200
40	230	14	230	-	230
24	260	3	260	-	260
11	290	-	290	-	290
7	320	-	320	-	320

На підставі отриманих значень розмірів осаджених крапель були побудовані залежності середнього діаметра та кількості крапель при різних режимах роботи інжекторного вихрового розпилювача (рис. 4.4).

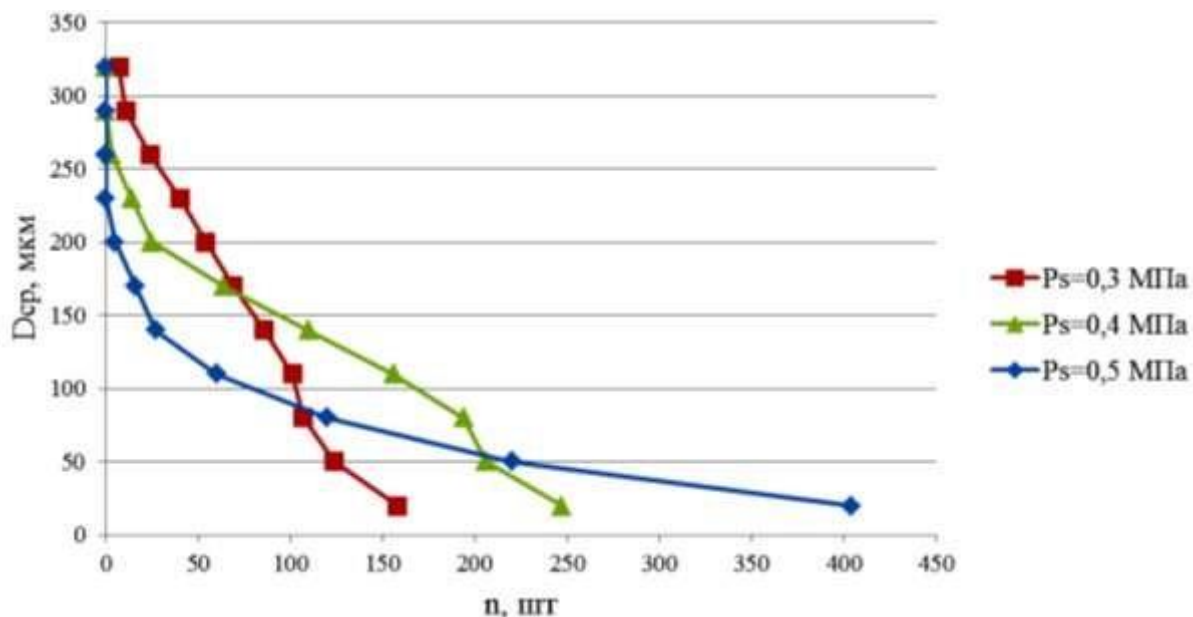


Рис. 4.4 - Залежність середнього діаметра та кількості крапель при різних режимах роботи інжекторного вихрового розпилювача

На основі отриманих результатів було встановлено, що перший режим ( $P_s=0,3$  МПа) підходить для дезінфекції оброблюваних поверхонь шляхом зрошення дезінфікуючого розчину, другий та третій ( $P_s=0,4$  МПа і  $P_s=0,5$  МПа) – для аерозольної дезінфекції.

#### 4.5 Результати виробничих випробувань дезінфікуючої установки

Випробування нового вихрового інжекторного розпилювача проведено у реальних виробничих умовах у ТОВ «Радівське» Хмельницького району. Вибір місця для виробничих випробувань обумовлений наявністю даного господарства молочно-товарних комплексів з корівниками. Тваринницькі ферми для ВРХ побудовані за Типовим проектом – Корівник на 200 голів з об'ємом будівель  $10795 \text{ м}^3$ . У цьому господарстві, у чотирьох корівниках виявлено кишкову паличку (*Escherichia coli*).

У тваринницьких приміщеннях проводили дезінфекцію шляхом аерозольного розпилення нагрітого препарату «Віроцид» вихровим інжекторним розпилювачем. У корівнику №1 для обробки  $1000 \text{ м}^3$  застосували 20% розчин дезінфікуючого препарату в об'ємі 1 л концентрату, у корівнику №2 – 0,9 л концентрату, у корівнику №3 – 0,8 л концентрату, у корівнику №4 – 0,7 л концентрату. Усього для обробки рівних за обсягом будівель  $10795 \text{ м}^3$  аерозольним методом знадобилося для корівника №1:  $10795/1000=10,8$  л концентрату (або  $10,8 \cdot 5=54$  л готового робочого розчину); для корівника №2:  $10795 \cdot 0,9/1000 = 9,7$  л концентрату (або  $9,7 \cdot 5 = 48,5$  л готового робочого розчину); для корівника №3:  $10795 \cdot 0,8/1000 = 8,6$  л концентрату (або  $8,6 \cdot 5 = 43$  л готового робочого розчину); для корівника №4:  $10795 \cdot 0,7/1000 = 7,6$  л концентрату (або  $7,6 \cdot 5 = 38$  л готового робочого розчину).

Для дезінфекції підлог, стін та стель застосували метод спрямованого диспергування препарату на поверхні, а для знезараження повітря – приміщення заповнили туманом, експозицію витримували згідно з інструкцією 40 хвилин.

До дезінфекції та після завершення експозиції були взяті проби змивів з поверхонь підлог, стін, стель та годівниць. Отримані проби було відправлено до акредитованої та сертифікованої науково-дослідної лабораторії.

При бактеріологічному дослідженні всіх проб змивів тест-мікроби кишкової палички не виявлено, результати наведено в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3

Результати бактеріологічного дослідження проб змивів та якості аерозольної дезінфекції вихровим інжекторним розпилювачем

Місця відбору проб	Проби у корівнику №1		Проби у корівнику №2		Проби у корівнику №3		Проби у корівнику №4	
	до зинфекції	після зинфекції	до дезинфекції	після дезинфекції	до дезинфекції	після дезинфекції	до дезинфекції	після дезинфекції
Біля входу в корівник:								
– підлога	+	-	+	-	+	-	+	-
– стіни	+	-	+	-	+	-	+	-
– стеля	+	-	+	-	+	-	+	-
– годівниця								
У центрі корівника:								
– підлога	-	-	+	-	+	-	-	-
– стіни	+	-	+	-	+	-	+	-
– стеля	+	-	+	-	+	-	+	-
– годівниця	+	-	+	-	+	-	+	-
Наприкінці корівника:								
– підлога	-	-	-	-	+	-	+	-
– стіни	+	-	+	-	+	-	+	-
– стеля	+	-	+	-	+	-	+	-
– годівниця								

В результаті виконаної аерозольної дезінфекції спостерігалось повне знищення кишкової палички (*Escherichia coli*), а також зниження концентрації аміаку. При зниженні витрати препарату на 30% ефективність дезінфекції не

знизилося, що свідчить про високу ефективність нової конструкції вихрового інжекторного розпилювача. Зниження витрати дезінфікуючого засобу веде до зниження собівартості проведення санітарно-ветеринарних засобів робіт та надлишкового впливу хімічних засобів на здоров'я тварин та обслуговуючого персоналу тваринницького комплексу підприємства, а також суттєвого зниження антропогенного навантаження на навколишнє середовище.

#### 4.6 Статистична обробка результатів експериментальних досліджень

На першому етапі статистичної обробки результатів експериментальних досліджень провели парний кореляційний аналіз між живильним тиском  $P_s$  та масовою витратою дезінфікуючого препарату  $Q_{жс}$  з метою визначення значного впливу їх на ступінь загибелі патогенної мікрофлори  $D_e$  [31]. Результати парного кореляційного аналізу величин у програмі STATISTICA 10.0, відображені в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4

Результати парного кореляційного аналізу значень робочих характеристик вихрового інжекторного розпилювача

	$Q_{жс}$ , г/с	$P_s$ , МПа	$D_e$ , %
$Q_{жс}$ , г/с	1	-1.62E-17	0.43402145
$P_s$ , МПа	-1.62E-17	1	0.87375747
$D_e$ , %	0.434021452	0.873757473	1

З таблиці видно, що значний вплив на рівень загибелі патогенної мікрофлори  $D_e$  чинить живильний тиск  $P_s$ . Коефіцієнт кореляції дорівнює 0,873, що за шкалою Чеддока означає, що сила зв'язку між змінними – висока. Коефіцієнт кореляції між витратою препарату  $Q_{жс}$  і ступенем загибелі патогенної мікрофлори  $D_e$  дорівнює 0,434, сила зв'язку між змінними – слабка.

Результати парного кореляційного аналізу дозволили визначити значущість кожної величини окремо ефективність дезінфекції оброблених поверхонь.

На другому етапі статистичної обробки результатів експериментальних досліджень вихрового інжекторного розпилувача виконано двофакторний регресійний аналіз та отримано рівняння регресії другого порядку:

$$D_e = -30,3742 + 2097,316 \cdot Q_{жс} + 289,7764 \cdot P_s + 2,0976E5 \cdot Q_{жс}^2 - 10660,6061 \cdot Q_{жс} \cdot P_s - 56,342 P_s^2 \quad (4.1)$$

де:  $D_e$  – ступінь загибелі патогенної мікрофлори, %;

$Q_{жс}$  – масова витрата дезінфікуючої рідини, г/с;

$P_s$  – живильний тиск, МПа.

На основі отриманої залежності (4.1) у тривимірному просторі побудовано поверхню відгуку (рис. 4.5)

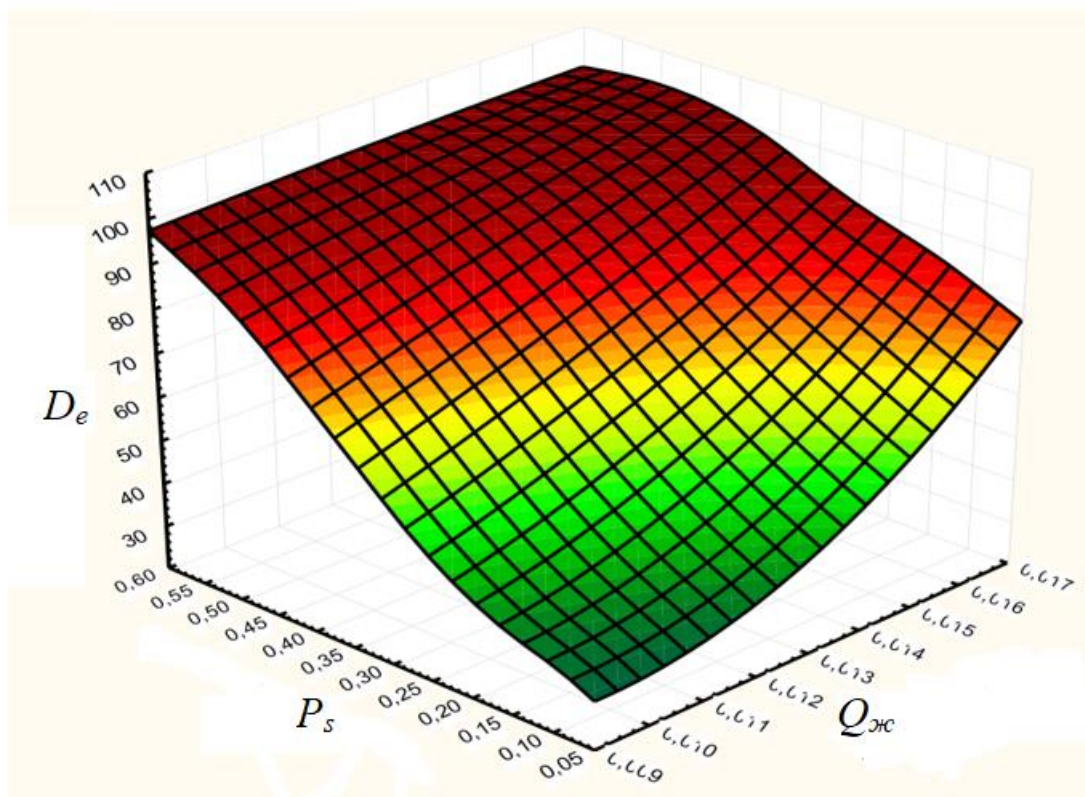


Рис. 4.5 - Графічна залежність ступінь загибелі патогенної мікрофлори від різних значень живильного тиску стисненого повітря на вході у вихрову трубу та витрати препарату

З рисунка 4.5 видно, що тиск живлення стисненого повітря на вході в вихрову трубу сильно впливає на ступінь загибелі патогенної мікрофлори  $D_e$ . Підвищення живильного тиску стиснутого повітря призводить до зростання температури дезінфікуючої рідини, що розпилюється, яка в свою чергу підвищує дієвість препарату навіть при зниженні концентрації розчину. Таким чином, є оптимальні значення живильного тиску та витрати препарату, при яких забезпечується ефективна дезінфекція оброблюваних поверхонь. Повна загибель патогенної мікрофлори спостерігається при живильному тиску 0,508МПа та нормі витрати дезінфікуючого розчину 0,015 г/с.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. На основі критичного аналізу технічних засобів для дезінфекції визначено перспективи розвитку установок, що дезінфікують, та розроблено нову класифікацію розпилювачів рідини.

2. На основі теоретичних досліджень диспергування дезінфікуючих засобів обґрунтовано конструктивні параметри запропонованого вихрового інжекторного розпилювача термомеханічного типу (кут конусності конфузору)  $\varphi_{\text{конф}}=24^\circ$ ; кут конусності дифузора  $\varphi_{\text{диф}}=7^\circ$ ; довжина камери змішування  $l_{\text{см}}=31$  мм; довжина дифузornoї камери  $l_{\text{диф}}=58$  мм; діаметр камери змішування  $d_{\text{см}}=5$  мм; діаметр каналу тангенціального підведення робочої рідини  $d_{\text{нод}}=1$  мм).

3. Визначено дисперсний склад аерозолів, що одержуються при різних режимах роботи вихрового інжекторного розпилювача термомеханічного типу. Результати дисперсного складу аерозолію показують, що перший режим підходить для дезінфекції оброблюваних поверхонь шляхом зрошення дезінфікуючого розчину, другий та третій режими – для аерозольної дезінфекції.

4. На підставі проведених виробничих випробувань та статистичної обробки їх результатів отримано математичну модель, яка дозволяє визначити раціональні конструктивні та режимні параметри дезінфікуючої установки, що забезпечують ефективну дезінфекцію оброблюваних поверхонь з мінімальною витратою препарату, що дезінфікує. Повна загибель патогенної мікрофлори спостерігається при тиску стисненого повітря на вході вихрову  $P_S=0,508$  МПа та нормі витрати дезінфікуючого розчину  $Q_{\text{жс}}=0,015$  г/с.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Апатенко В. М., Стегній Б. Т., Головка В. О. Загальна ветеринарна мікробіологія: навчальний посібник. Харківська державна зооветеринарна академія. Харків: РВВ ХДЗВА. 2009. 294 с.
2. Березовський, А. В. Екологічні проблеми сучасної паразитології. *Наковий вісник Національного аграрного університету*. 2006. 98. С.19–28.
3. Богатко Н. М. Показники мікробіологічних досліджень змивів із об'єктів забійного цеху м'ясопереробного підприємства, як контроль за санітарним станом виробництва боєнської продукції та забезпечення її якості. *Ветеринарна медицина України*. 2006. 9. С. 42–44.
4. Коваленко В. Л., Яценко М. Ф., Чехун А. І., Резуненко Є. В. Вивчення фізико-хімічних властивостей комбінованих дезінфектантів *Проблеми зооінженерії та ветеринарної медицини*. 2009. 19. 2 (3). С. 195–199.
5. Коваленко В. Л., Чехун А. І., Ярошно Я. М., Гнатенко А. В. Визначення бактерицидності комплексного дезінфікуючого препарату щодо грамнегативної мікрофлори на основі полігексаметиленгуанідину гідрохлориду. *Сільськогосподарська мікробіологія: здобутки та перспективи: збірник наукових праць інституту сільськогосподарської мікробіології НААН України*. Чернігів. 2011. С. 389–392.
6. Кассіч Ю. А., Загородній А. І., Пономаренко Г. В. Визначення бактерицидних властивостей дезінфікуючих препаратів «Кристал–700» та «Кристал–900». *Ветеринарна медицина: міжвідомчий тематичний збірник*. 2004. 84. С. 333–336.
7. Коцюмбас І. Я., Сергієнко О. І., Ковальчук Л. М. Сучасні засоби ветеринарної дезінфекції. *Ветеринарна медицина України*. 2010. 11. С. 36–26.
8. Якубчак О. М., Хоменко В. І., Мідик С. В. Ветеринарна дезінфекція, дезодорація, дезінсекція, дезінвазія, дератизація: інструкція затв. Державним

департаментом ветеринарної медицини України 23.12.2005 Київ: НАУ. 2005. 75 с.

9. Якубчак О. М., Хоменко В. І. Ветеринарно-санітарна експертиза з основами технології і стандартизації продукції тваринництва Київ: ТОВ Біопром. 2005. 799 с.

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

11. Мележик О. І. Покращення дисперсності розпилення пестицидів; дис. канд. технічних наук; 05.05.11 – Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва / Мележик Олександр Іванович Дніпропетровськ, 2009. 180 с.

12. Коваль В. П., Мележик О. І. Малооб'ємне обприскування. *Карантин і захист рослин*. 2009. № 7. С. 17–20.

13. Коваль В. П., Мележик О. І. Відцентровий розпилювач. *Карантин і захист рослин*. 2005. № 3. С. 28–29.

14. Розпилювачі відцентрові. Технічні умови: ТУ У 29.3-31177688-002:2006. [чинний від 2006-05-17]. Дніпропетровськ: Агромодуль, 2006. 11 с.

15. Гончар М. Н. Дослідження технологічних властивостей робочих рідин, для боротьби з хворобами та шкідниками сільськогосподарських культур. *Праці Таврійської державної агротехнічної академії. Наукове професійне видання*. Випуск 1. Т. 22. Мелітополь: ТДАТА, 2001. С. 121–125.

16. Розпилювачі відцентрові. Технічні умови: ТУ У 29.3-31177688-002:2006. [чинний від 2006-05-17]. Дніпропетровськ : Агромодуль, 2006. 11 с.

17. Випробування сільськогосподарської техніки. Обприскувачі тракторні та самохідні. Методи випробувань: СОУ 74.3-37-266:2005. [чинний від 2005-12-23]. К.: Мінагрополітики України, 2005. 65 с. (Стандарт Мінагрополітики України).

18. Обладнання для захисту рослин. Обприскувачі. Частина 1. Методи випробовування насадок для розприскування (ISO 5682-1:1996, IDT): ДСТУ ISO 5682-1:2005. [Чинний від 2007-10-01]. К.: Держспоживстандарт України, 2007. 13 с. (Національний стандарт України).
19. Колеснікова І. П. Епідеміологія: підручник / за ред. І. П. Колеснікової. Вінниця : Нова Книга. 2012. 576 с.
20. Виноград Н. О., Василюшин З. П., Козак Л. П. Загальна епідеміологія : навч. посібник 4-е видання. Київ: ВСВ «Медицина». 2017. 200 с.
21. Гоца Ю. Д., Колеснікової І. П., Мохорта Г. А. Епідеміологія / за ред. Ю. Д. Гоца. Київ: «Асканія». 2007. 360 с.
22. Коцюмбас І. Я., Брезвин О. М., Івашків Ю. А., Рудик Г. В. Вивчення токсичності дезінфікуючого засобу на основі йодоформу. *Науково-технічний бюлетень Державного науково-дослідного контрольного інституту ветеринарних препаратів та кормових добавок і Інституту біології тварин*. Львів. 2018. Вип. 19. № 2. С. 171–177.
23. Сушко І. Світові тенденції розвитку машин для хімічного захисту рослин. *Пропозиція*. 2002. № 6. С. 95–99.
24. Шкромада, О., Дудченко, Ю., Неджеря, Т., & Абубакарі Кавла, І. Дослідження дезінфікуючих властивостей препарату Контавір для дезінфекції об'єктів ветеринарного призначення. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Ветеринарна медицина*. 2019. 3 (46). С. 29–34.
25. Неджеря, Т. Доклінічні дослідження дезінфікуючих властивостей препарату «Контавір». *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Ветеринарна медицина*. 2020. 4 (51). С. 32–38.
26. Олабоді О. В. Обладнання харчових та переробних виробництв: традиції та інновації. Вітчизняний та світовий досвід [Електронний ресурс]: наук. -допом. бібліогр. покажч. / [упоряд. О. В. Олабоді]; Нац. ун-т харч. технол., Наук.- техн. б-ка. Київ, 2020. 247 с.
27. Чепелюк О. О., Єщенко О. А., Доломакін Ю. Ю. Гігієнічні вимоги до проектування обладнання харчових виробництв : підручник / Міністерство

освіти і науки України, Національний університет харчових технологій. Київ : НУХТ. 2017. 311 с.

28. Shkromada, O., Nedzheria, T. Intensity of invasion in emeriosis of rabbits in different methods of keeping. *Eureka: Health Sciences*. 2020. (5). P. 107–114.

29. Сілі І. І. Перспективи застосування вихрового ефекту Ранка у вітроенергетиці // Сучасні наукові дослідження на шляху до євроінтеграції: матеріали міжнародного науково-практичного форуму (21-22 червня 2019 р.) / І. І. Сілі, В. О. Петров. Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного; Мелітополь: ФОП Однорог Т. В. 2019. Частина 1. С. 296–298.

30. Shkromada, O., Nedzheria, T. Intensity of infection and means of Giardiasis prevention at the farms of Ukraine. *Technology Transfer: Innovative Solutions in Medicine*. 2020. P. 47–50.

31. Paliy A. P., Zavgorodnii A. I., Kalashnyk M. V., Shkromada O. I., Rybachuk Z. V., Dolbanosova R. V., Kovalenko L. M., Livoshchenko Y. M., Livoshchenko L. P., Baidevliatova Y. V., Dunaiev Y. K., Paliy A. P., Nedzheria T. I. Influence of new frost-resistant disinfectant on the ultrastructural organization of atypical mycobacteria. *UKRAINIAN JOURNAL OF ECOLOGY*. 2020. 10 (3). P. 95–101.

32. Неджеря Т. І., Шкромада О. І. Дослідження сануючих властивостей комплексного дезінфектанту. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Розвиток науки природи: проблеми та рішення». Брно, Чеська республіка 27-28 квітня 2018 р. С. 196–199.

33. Шкромада О. І., Неджеря Т. І. Розробка комплексу ветеринарносанітарних заходів у тваринницьких господарствах. 2021. Суми. 31 с.

34. Lekomtsev P. L., Savushkin A. V., Dresvyannikova E. V., Niyazov A. M. Study of aerosol charging in electro-aerosol generator. *Journal of Applied Engineering Sciences*. 2017. Vol. 7. № 2 (20). P. 69–77.

35. Barai N., Mandal N. Breakup versus coalescence of closely packed fluid drops in simple shear flows. *Int. J. Multiphase Flow*. 2019. vol. 111. P. 1–15.

36. Погорелов А. І. Тепломасообмін (основи теорії і розрахунку): Навчальний посібник для вузів 2-е видання. Львів: «Новий Світ – 2000», 2004. 144 с.

37. Ткаченко О. О. Високотемпературні процеси та установки: Підруч. К.: А.С.К., 2005. 480 с.

38. Чепурний М., Ткаченко С., Антропова О. Газопарові установки на базі газотурбінних і теплофікаційних парових турбін. *Вісн. Вінницького політехн. інст.* 2010. 2. С. 34–38.

39. Чепурний М., Ткаченко С. Теплоелектроцентралі на базі газотурбінних установок і парових турбін з низькотемпературним робочим тілом. *Вісн. Вінницького політехн. інст.* 2010. 4. С. 21–25.