

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Патюк Іван Сергійович

УДК 614.48

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**Розробка і обґрунтування параметрів дезінфікуючої
установки для сільськогосподарських приміщень і
обладнання**

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр
кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання
ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело
_____ Патюк І.С.

Керівник роботи
Боровський В.М.
старший викладач

Житомир – 2023

АНОТАЦІЯ

Патюк Іван Сергійович. Розробка і обґрунтування параметрів дезінфікуючої установки для сільськогосподарських приміщень і обладнання. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2023.

В кваліфікаційній роботі на основі критичного аналізу технічних засобів для дезінфекції визначено перспективи розвитку установок, що дезінфікують, та розроблено нову класифікацію розпилювачів рідини.

В роботі обґрунтовані конструктивні параметри пропонованого вихрового інжекторного розпилювача термомеханічного типу.

Встановлено закономірності розподілу швидкостей потоку та значення температури суміші в характерних перерізах о інжекторного розпилювача та визначено вплив різного тиску стисненого повітря на вході вихрову трубу ($P_s=0,3\dots0,5\text{МПа}$) на технологічні характеристики вихрового інжектора термомеханічного типу.

Визначено дисперсний склад аерозолів, що одержуються при різних режимах роботи вихрового інжекторного розпилювача термомеханічного типу.

Ключові слова: дезінфекція, конструктивні параметри, інжектор, розпилювач, установка.

ANNOTATION

Patiuk Ivan S.. Development and substantiation of parameters of the disinfecting unit for agricultural premises and equipment. – *Qualification work on the rights of the manuscript.*

Qualification work for obtaining a bachelor's degree in the specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissya National University, Zhytomyr, 2023.

In the qualification work, based on a critical analysis of technical means for disinfection, the prospects for the development of disinfecting installations are determined and a new classification of liquid sprayers is developed.

The paper substantiates the design parameters of the proposed thermomechanical vortex injection sprayer.

The regularities of the distribution of flow velocities and the temperature of the mixture in the characteristic cross-sections of the injector spray were established, and the influence of different compressed air pressures at the inlet of the vortex tube ($P_s=0.3...0.5$ MPa) on the technological characteristics of the thermomechanical vortex injector was determined.

The dispersed composition of aerosols obtained under different operating modes of a thermomechanical vortex injector spray was determined.

Keywords: disinfection, design parameters, injector, sprayer, installation.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНІ МЕТОДИ ТА ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ДЕЗИНФЕКЦІЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПРИМІЩЕНЬ ТА ОБЛАДНАННЯ.....	8
РОЗДІЛ 2. ОБґРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ДЕЗИНФІКУЮЧОЇ УСТАНОВКИ.....	18
РОЗДІЛ 3. ОБґРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ДЕЗИНФІКУЮЧОЇ УСТАНОВКИ.....	31
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	41
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	42

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. В даний час зі зміною екологічних умов і епізоотичних та епідемічних обстановок, що ускладнилися, профілактика та ліквідація інфекційних хвороб сільськогосподарських тварин, а також дезінфекція та знезараження приміщень, машин та обладнання тваринництва є актуальним завданням.

На сьогоднішній день поряд з ефективними деззасобами, розпилювання є одним із найважливіших процесів у дезінфекції. Якість диспергування визначає працездатність сучасних технічних пристроїв для нанесення дезінфектантів. Основними характеристиками процесу розпилення є розмір одержуваних крапель, концентрація та в'язкість розчину, швидкість створення аерозолі та просторовий розподіл. Також для підвищення ефективності дезінфекції, важливим є витрата та рівномірність розпилення розчину.

Внаслідок чого, поряд із ветеринарно-санітарними та дезінфекційними заходами все більшого значення набуває розробка нових вискоефективних розпилювачів дезінфекційних засобів.

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

Аерозолі, одержувані цими 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 °С, а також інтенсивне випаровування крапель рідини в цьому потоці. Завдяки високій продуктивності даних технічних засобів, створюється можливість швидкого та ефективного проведення аерозольної дезінфекції.

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 і має велике практичне значення, тема роботи є актуальною.

Мета проєкту – розробити і обґрунтувати параметри дезінфікуючої установки для сільськогосподарських приміщень і обладнання.

Для реалізації поставленої мети у роботі необхідно вирішити такі **завдання**:

- проаналізувати існуючі методи дезінфекції сільськогосподарських приміщень та обладнання;
- обґрунтувати параметри дезінфікуючої установки для сільськогосподарських приміщень і обладнання.

Об'єкт дослідження. Дезінфекційна установка з вихровим інжекторним розпилювачем термомеханічного типу.

Предмет дослідження. Закономірності технологічних процесів перебігу газорідинної суміші в проточній частині вихрового інжекторного розпилювача термомеханічного типу та її розпилювання установкою, що дезінфікує.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. Боровський В.М. Патюк І.С. Сучасні методи дезінфекції сільськогосподарських приміщень та обладнання. Збірник тез ІХ-ї всеукраїнської науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь». м. Житомир, 5 квітня 2023 року. Житомир : ЖАТФК. С. 231-232.

2. Боровський В.М. Патюк І.С. Аналіз технічних засобів для проведення дезінфекції сільськогосподарських приміщень та обладнання. *Наукові читання—2023: матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних*

працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики. 19 квітня 2023 р. Житомир : Поліський національний університет, 2023. Т. 3. С. 98-103.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблено дезінфікуючу установку з вихровим інжекторним розпилювачем термомеханічного типу з покращеними якісними показниками роботи, яка може застосовуватися в с/г підприємствах, у районних державних ветеринарних об'єднаннях тощо.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 11 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 44 сторінки комп'ютерного тексту, містить 22 рисунки та 5 таблиць.

РОЗДІЛ 1

СУЧАСНІ МЕТОДИ ТА ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ДЕЗИНФЕКЦІЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПРИМІЩЕНЬ ТА ОБЛАДНАННЯ

Сільське господарство – найважливіша галузь економіки країни, яка спрямована на розв'язання завдань продовольчого забезпечення населення, одержання та реалізації сировини для низки галузей народного господарства. Останніми роками відбулися суттєві зміни в сільськогосподарському виробництві: сформовано нові економічні умови сільськогосподарського виробництва, відбувається розукрупнення сільськогосподарських організацій, активізується розвиток індивідуального сектора. У зв'язку з цим, потрібне переоснащення потужностей підприємств і збільшення поголів'я тварин у господарствах для збільшення обсягів виробленої продукції.

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

Нині питання дезінфекції зачіпають дуже багато сфер діяльності – від промислового до ведення домашнього господарства.

Шкідливі мікроорганізми завдають непоправної шкоди як тваринам, так і самій людині, спричиняючи широкий спектр різних захворювань. Тому своєчасне проведення комплексу необхідних заходів щодо їх знищення є вкрай важливим.

Під дезінфекцією розуміють сукупність заходів, які спрямовані на знищення патогенних форм мікроорганізмів спрямовані на знищення патогенних форм мікроорганізмів.

Розрізняють три види дезінфекції: профілактичну, поточну та заключну. Профілактичну дезінфекцію проводять на постійній основі з певною періодичністю і не залежить від епідемічної обстановки, вона має запобіжний характер, поточну - з метою запобігання подальшому поширенню зараження, яке вже виникло, і до повної ліквідації хвороби, завершальну - після усунення вогнища інфекції для видалення всіх можливих її слідів. Етапи дезінфекції включають у себе виявлення осередка поширення мікроорганізмів і розмірів зараженої площі, вибір найбільш підходящого способу, необхідних для проведення дезінфекції препаратів і технічних пристроїв.

У сучасній ветеринарній санітарії застосовуються механічні, фізичні, хімічні, біологічні та комбіновані методи знезараження збудників інфекційних захворювань.

Для зменшення кількості та концентрації мікроорганізмів на оброблюваній поверхні застосовується механічний метод дезінфекція, під час якого проводять: видалення різних відкладень, вологе прибирання і чищення оброблюваних поверхонь.

Ефективність механічного методу дезінфекції залежить від якості застосовуваних інструментів і пристосувань, за допомогою яких проводиться санітарна обробка. Для підвищення ефективності механічного методу дезінфекції рекомендується нанесення мийних і дезінфекційних засобів розпилювачами, а також щітками і ганчіркою, за допомогою яких досягається повне знищення.

Дезінфекцію фізичним методом проводять шляхом високотемпературного впливу на мікроорганізми різних фізичних факторів: водяної пари, сухого і вологого гарячого повітря, інфрачервоних променів тощо. Останніми роками для дезінфекції інструментів та обладнання знайшли застосування електроімпульсні

та ультразвукові технічні засоби з 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, під час якого якому застосовують різні хімічні препарати для знищення патогенних і умовно патогенних мікроорганізмів на оброблюваних поверхнях. Дезінфікуючі препарати повинні характеризуватися широким спектром антимікробної активності, безпекою для людей і навколишнього середовища.

Останніми роками набирає популярності біологічний метод дезінфекції, знищення збудників інфекційних захворювань здійснюється мікробами-антагоністами, за якого один штам повністю знищує або уповільнює ріст іншого.

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

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

Залежно від типу об'єкта (приміщення, машини й устаткування, інвентар тощо), ступеня його очищення, виду й обсягу виконуваних робіт обирають технології та технічні засоби.

Ветеринарно-санітарна (дезінфекційна) техніка за влаштуванням і призначенням підрозділяється на:

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

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

До цього класу ветеринарно-санітарної техніки відносяться марки ДУК, ЛСД і АИСТ, технічні характеристики яких наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики деяких моделей мобільних дезінфекційних агрегатів.

№	Показники	Марка		
		ДУК	ЛСД	АИСТ
1	Температура нагріву дезінфікуючого розчину, °С	85	85	90...100
2	Час нагріву рідини, °С	5...7	5...8	3...5
3	Витрата (тип) палива, м ³ /с	6...6,6 (дизпаливо)	4...8 (гас)	27...31 (газ)
4	Продуктивність при обробці, тис. м ²	2,6...4,2	2,6...4,2	1...160
5	Робочий тиск розчину, МПа	0,26	0,4...0,6	3

Найпопулярніша у ветеринарній службі нашої країни дезінфекційна установка Комарова (ДУК) (рис. 1.1). За останній час з'явилися нові установки і були істотно модернізовані старі машини.

Автодезустановку "ДУК" використовують для дезінфекції (дезінсекції) тваринницьких приміщень холодними та гарячими дезінфекційними розчинами, а також для побілки приміщень суспензією свіжого вапна або крейдою, обробки шкірної поверхні тварин підігрітими розчинами.

Наразі також успішно використовують дезінфекційні установки серії "ЛСД", які випускають у двох модифікаціях: з бензиновим приводом - ЛСД-ЗМ (рис. 1.2) і електроприводом ЛСД-ЕП.

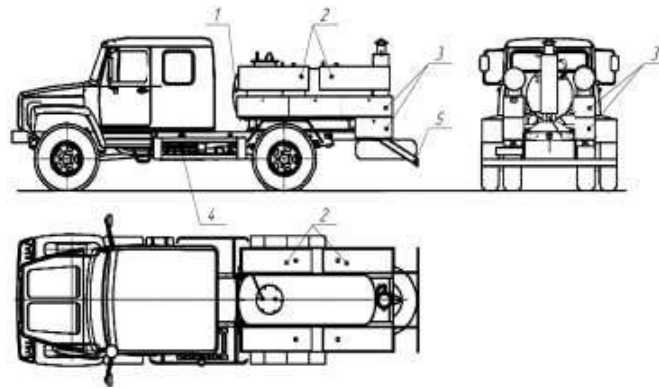


Рис. 1.1. Автодезустановка "ДУК" : 1 – резервуар для води; 2 – баки для дезінфектантів; 3 – відсіки для приладдя; 4 – насосна станція; 5 – задній брус для підігріву готового дезрозчину.



Рис. 1.2. Дезінфекційна установка ЛСД-3М

Дезустановки "ЛСД" застосовують для дезінфекції, дезінсекції тваринницьких і птахівничих приміщень із використанням гарячого розчину, а також для миття та обприскування шкірного покриву тварин інсектицидними та деззасобами.

Основними недоліками ЛСД-3М і ЛСД-ЕП є низький робочий тиск, що знижує якість диспергування дезінфектантних розчинів, малоефективне нагрівання робочої рідини, малий об'єм основного резервуара і додаткових баків, невисокі експлуатаційні характеристики.

Натомість "ЛСД" також можна використовувати дезінфекційні установки серій "Лелека" (Лелека-2, Лелека-2М, Лелека-2С), а також причіпний варіант - "Лелека-2П" (рис. 1.2). Дезінфекційна установка забезпечує дезінфекцію великих обсягів шляхом термохімічного диспергування препаратів у вигляді аерозолю. Для підвищення ефективності, дезінфікуючу установку "Лелека"

використовують для прогрівання і просушування приміщень до і після дезінфекції. На вимогу замовників, установка "Лелека" може випускатися у вигляді модуля, вмонтованого на шасі транспортних засобів.

Установка складається з авіаційного газотурбінного двигуна М-701, ежекторної системи подачі дезінфекційної рідини, рами, шасі, продувного сопла, місткості для готового дезрозчину і системи управління.

Портативні дезінфекційні апарати застосовуються для дезінфекції невеликих за обсягом приміщень. До цього класу належать вітчизняні гідропульти марки - "Милиця" (рис. 4), "КЗ", "ГС-3"; обпилювачі марки - "РВД-1" "ОШУ-50"; обприскувачі марки - "СеверУ", "Квазар". "ПівнічУ", "Квазар", "ОРП", до зарубіжних моделей належать марки "EVA", "Gloria" (рис. 1.5, а), "Spray-Matic" (рис. 1.5, б), "Rosi", "Matabi" (рис. 1.5, в) та ін.



Рис. 1.3. Схема причіпної установки "Лелека-2П"

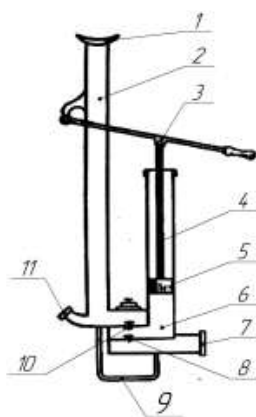


Рис. 1.4. Схематичний розріз гідропульта «Милиця» : 1 – приклад; 2 – стійка; 3 – важіль; 4 – шток; 5 – поршень; 6 – піддон; 7 – всмоктувальний штуцер; 8 – всмоктувальний клапан; 9 – стремено; 10 – нагнітальний клапан; 11 – викидний штуцер.



Рис. 1.5. Зарубіжні портативні розпилювачі: а - портативний розпилювач "Gloria"; б – портативний розпилювач "Spray- Matic"; в – портативний розпилювач "Matabi"

Технічні характеристики деяких портативних апаратів представлені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Технічні характеристики деяких портативних апаратів

№	Показники	Марка			
		Милиця	КЗ	ГС-3	Автомакс
1	Довжина розпиленого струменя, м	6...13	6...10	5...8	3...7
2	Робочий тиск, МПа	0,6	0,6	0,7	0,6
3	Витрата робочої рідини, л/хв	7	5	1,4	0,7...1,5
4	Діаметр капель, мкм	-	-	123...308	26...364

Дезінфекційні камери – спеціальні споруди, призначені для знезараження інвентарю, спеціального одягу, предметів догляду за тваринами і знищення комах за допомогою фізичних, хімічних дезінфекційних речовин. Дезінфекційні камери діляться на: парові, парофармолінові, гарячеповітряні, вакуум-парофармолінові, газові. І також, кожна з вищенаведених типів камер можуть бути стаціонарними або мобільними.

Під час термічної обробки предметів широке застосування знайшли гарячі пари формаліну і води. При обробці паром гарячої води температура в камері

встановлюється 85...100 °С, а при використанні гарячої пари формаліну – 40...60 °С. У сучасних умовах санітарної ветеринарії набуває популярності дезінфекція з використанням хімічних препаратів в аерозольному стані за допомогою спеціальних апаратів – аерозольних генераторів.

Для отримання дезінфекційних, терапевтичних та інсектицидних аерозолів застосовуються аерозольні генератори механічного типу, а для отримання інсектицидних і дезінфекційних аерозолів - термомеханічні генератори.

Дезінфекція аерозолями дає можливість одночасно обробляти не тільки поверхні та обладнання, а й повітря в приміщенні. Застосування аерозолів значно скорочує витрати ручної праці та економить хімічні засоби на проведення дезінфекції.

Для створення "гарячого" туману використовують термомеханічні аерозольні генератори "АГ-УД-2" - Росія, "Куртіс Дайна-ФОГ" - США, "Ігеба" - Німеччина, а також їхні аналоги, технічні характеристики яких наведено в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Технічні характеристики деяких моделей аерозольних генераторів

№	Показники	Марка генератора		
		TF-34	TF-W 60	TF 95 HD
1	Об'єм паливного бака, л	1,6	2,6	5,8
2	Потужність камери згорання, кВт (л.с.)	11(14,7)	35(48)	37(50,2)
3	Витрата палива, л/год	1,3	3,9	4,2
4	Об'єм бака робочого розчину, л	5,8	5,8(10)	61
5	Тиск в баку робочого розчину, бар	0,27	0,32	0,32
6	Середня витрата робочого розчину на основі органічних носіїв, л/год	17	-	63
7	Максимальна витрата робочого розчину на основі органічних носіїв, л/год	28	-	104

Для створення "холодних туманів" застосовують низку аерозольних генераторів марки "САГ", "Циклон" тощо.

Усі відомі аерозольні генератори дають можливість отримувати різний ступінь дисперсності аерозолю, однак, одержуваний струмінь неоднорідна за розмірами крапель. Ефективність застосування дезінфекційних препаратів безпосередньо залежить від технічного стану та можливостей регулювання на різні режими роботи аерозольних генераторів. Внаслідок цього зростає інтерес до розроблення та дослідження нових високоефективних технічних рішень для дезінфекції сільськогосподарських приміщень і обладнання, а також їх впровадження в практику ветеринарно-санітарної дезінфекції.

Найефективнішим і найшвидшим способом обробки сільськогосподарських приміщень і обладнання від мікроорганізмів, комах, грибків 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 і в городах.

Гарячий туман утворюється з дезінфекційної рідини під час нагрівання з подальшим розпиленням з апарату. Частинки засобу в такій парі мають дуже маленький розмір - від 0,5 до 20 мкм, що в кілька разів менше крапель у холодному тумані і в сотні разів менше частинок рідини в факелі з простих гідравлічних розпилювачів.

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

У міру обробки та дезінфекції гарячим туманом хмара деззасобу остигає, частинки осідають на всіх поверхнях і утворюють тонку невидиму плівку. На

відміну від крапель холодного туману, така плівка покриває не тільки горизонтальні, а й вертикальні поверхні. Її отруйна дія триває ще кілька днів.

Гарячий туман можна створити тільки за допомогою спеціального обладнання - генератора гарячого туману термомеханічного типу. Інші види генераторів (дискові, аерозольні, ультразвукові) не підходять для такої обробки, оскільки виробляють тільки холодний туман.

У наявних генераторів гарячого туману три основні обмеження у використанні. Гарячий туман суворо не рекомендується використовувати в побутових приміщеннях, а також у присутності тварин, без захисних засобів. Крім того, гарячий туман деяких дезінфекційних засобів може бути шкідливим для деяких видів тварин. Не всі деззасоби та інсектициди підходять для генераторів гарячого туману. Деякі розчини під час нагрівання вище 100 °С втрачають свою ефективність. У разі неправильної експлуатації генератори гарячого туману можуть стати причиною пожежі або вибуху.

РОЗДІЛ 2.

ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ДЕЗИНФІКУЮЧОЇ УСТАНОВКИ

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 використання різних варіантів підведення енергії, що витрачається на диспергування рідин. Враховуючи вищевикладені передумови, нами розроблено структурну схему розпилювання рідин, яка представлена на рис. 2.1.

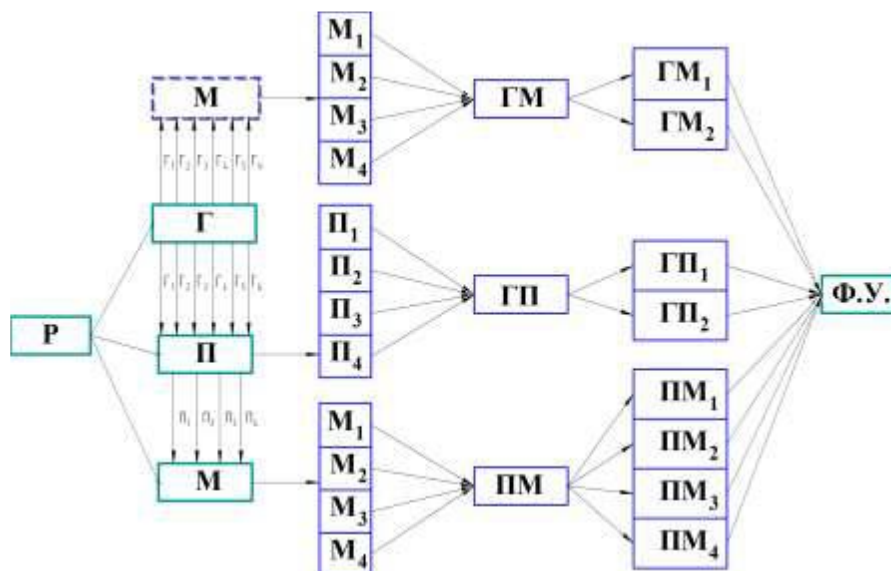


Рис 2.1. Структурна схема розпилювання рідин: Р – процес розпилення рідин; Г – гідравлічне розпилення; П – пневматичне розпилення; М – механічне розпилення; ГМ – гідромеханічне розпилення; ГП – гідро-пневматичне розпилення; МП – пневмо-механічне розпилювання; ГМ1 – форсунки ударного типу; ГМ2 – форсунки з струменями, що ударяються; ГП1 – відцентрово-пневматичні форсунки; ГП2 – форсунки з ежекцією повітря; ПМ1 – форсунки з емульгуванням (барбатуванням); ПМ2 – форсунки ударно-пневматичні; ПМ3 – акустичні форсунки з підведенням енергії через газ; ПМ4 – форсунки з підведенням енергії від зовнішнього джерела; ФУ – форсуночний пристрій.

На основі структурної схеми складено класифікацію розпилювачів рідини, яка наведена на рис. 2.2.

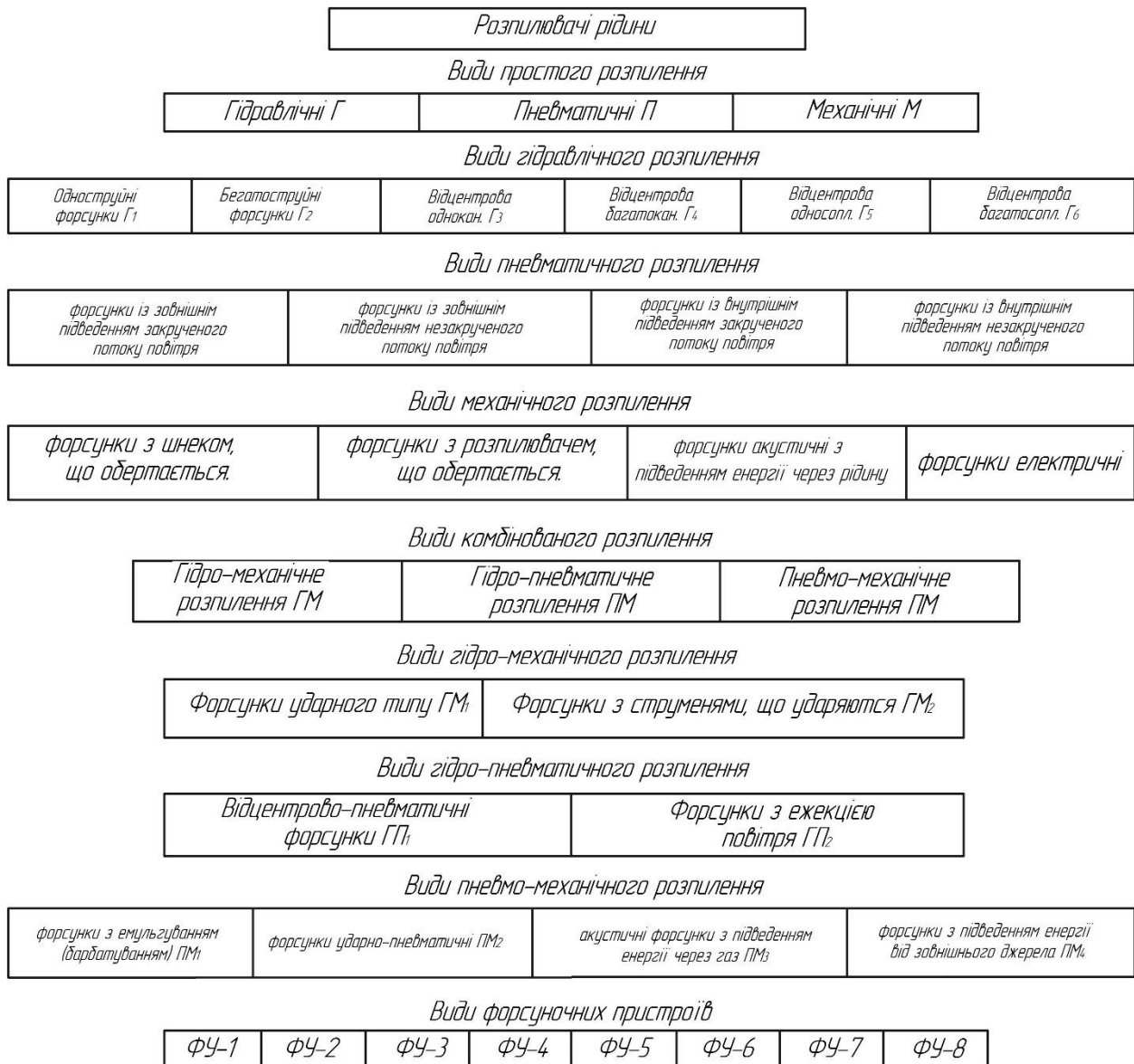


Рис. 2.2. Класифікація розпилювачів рідини

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 розпилення.

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).

На першому етапі морфологічного аналізу побудована морфологічна карта індексації розпилювачів, яка наведена у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Морфологічна карта розпилювачів

Вид распилювання	Шифр	Типи і особливості распилювачів
Гідравлічне ропилювання (Г)	Г1	Струменеві форсунки
	Г2	Багатоструменеві форсунки
	Г3	Струменеві щілинні форсунки
	Г4	Відцентрові одноканальні форсунки
	Г5	Відцентрові двоканальні форсунки
	Г6	Відцентрові двосоплові форсунки
	Г7	Відцентрові двоканальні форсунки
	Г8	Відцентрові форсунки з перепуском
Пневматичне ропилювання (П)	П1	Форсунки із зовнішнім підведенням закрученого потоку повітря
	П2	Форсунки із зовнішнім підведенням незакрученого потоку повітря
	П3	Форсунки з внутрішнім підведенням закрученого потоку повітря
Механічне ропилювання (М)	П4	Форсунки внутрішнім підведенням незакрученого потоку повітря
	М1	Форсунки з шнеком, що обертається.
	М2	Форсунки з ропилювачем, що обертається
	М3	Форсунки акустичні з підведенням енергії через рідину
Комбіноване Гідромеханічне ропилення (ГМ)	М4	Форсунки електричні
	ГМ1	Форсунки ударного типу
Комбіноване Гідропневматичне ропилення (ГП)	ГМ2	Форсунки з струменями, що сударяються.
	ГП1	Відцентрово-пневматичні форсунки
Комбіноване Пневмомеханічне ропилення (ПМ)	ГП2	Форсунки з ежекцією повітря
	ПМ1	Форсунки з емульгуванням (барбатуванням)
	ПМ ₂	Форсунки ударно-пневматичні
	ПМ ₃	Форсунки акустичні з підведенням енергії через газ
	ПМ4	Форсунки з підведенням енергії від зовнішнього джерела.

На основі морфологічної карти складено матрицю (таблиця 2.2), де на перетині рядків 1, 2, 3, і колонок 01, 02, 03, розташовуються комбінації всіх ропилювачів. Цифрами відзначені осередки з індексами ропилювальних

пристроїв, що випускаються для сільськогосподарської галузі, наприклад, 207, 402 і т.д. Крапками відзначені ті розпилювачі, які наведені в описах патентів та технічної літератури. Прочерками зазначені пристрої, які не знайшли застосування. Цифрами відзначені осередки з індексами розпилювачів, які випускаються серійно, або конструкції, які серійно не випускаються, але знайшли широке застосування. Відзначені точками осередку, це конструкції, що знаходяться на рівні розробок, винаходів, а також будь-яких наукових описів, наведених у технічній літературі. Прочерками відзначені комбінації розпилювачів, які або не знайшли широкого застосування, або їх застосування недоцільно або взагалі неможливо.

Таблиця 2.2 - Морфологічна матриця розпилювачів рідини

Г	Г ₁								Г ₂								Г ₃								Г ₄								Г ₅								Г ₆								
	ГМ ₁				ГМ ₂				ГМ ₃				ГМ ₄				ГМ ₅				ГМ ₆				ГМ ₇				ГМ ₈				ГМ ₉				ГМ ₁₀												
ГМ	П ₁	П ₂	П ₃	П ₄	П ₁	П ₂	П ₃	П ₄	П ₁	П ₂	П ₃	П ₄	П ₁	П ₂	П ₃	П ₄	П ₁	П ₂	П ₃	П ₄	П ₁	П ₂	П ₃	П ₄	П ₁	П ₂	П ₃	П ₄	П ₁	П ₂	П ₃	П ₄	П ₁	П ₂	П ₃	П ₄	П ₁	П ₂	П ₃	П ₄	П ₁	П ₂	П ₃	П ₄					
Г	№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
Г ₁	ГМ ₀₁	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
	ГМ ₀₂	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
Г ₂	ГМ ₀₃	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
	ГМ ₀₄	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
Г ₃	ГМ ₀₅	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
	ГМ ₀₆	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
Г ₄	ГМ ₀₇	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
	ГМ ₀₈	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
Г ₅	ГМ ₀₉	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
	ГМ ₁₀	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
Г ₆	ГМ ₁₁	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
	ГМ ₁₂	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
Г ₇	ГМ ₁₃	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
	ГМ ₁₄	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
Г ₈	ГМ ₁₅	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
	ГМ ₁₆	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48

Для поліпшення наочності морфологічної матриці на рис. 2.3 побудовано матрицю бінарних відносин.

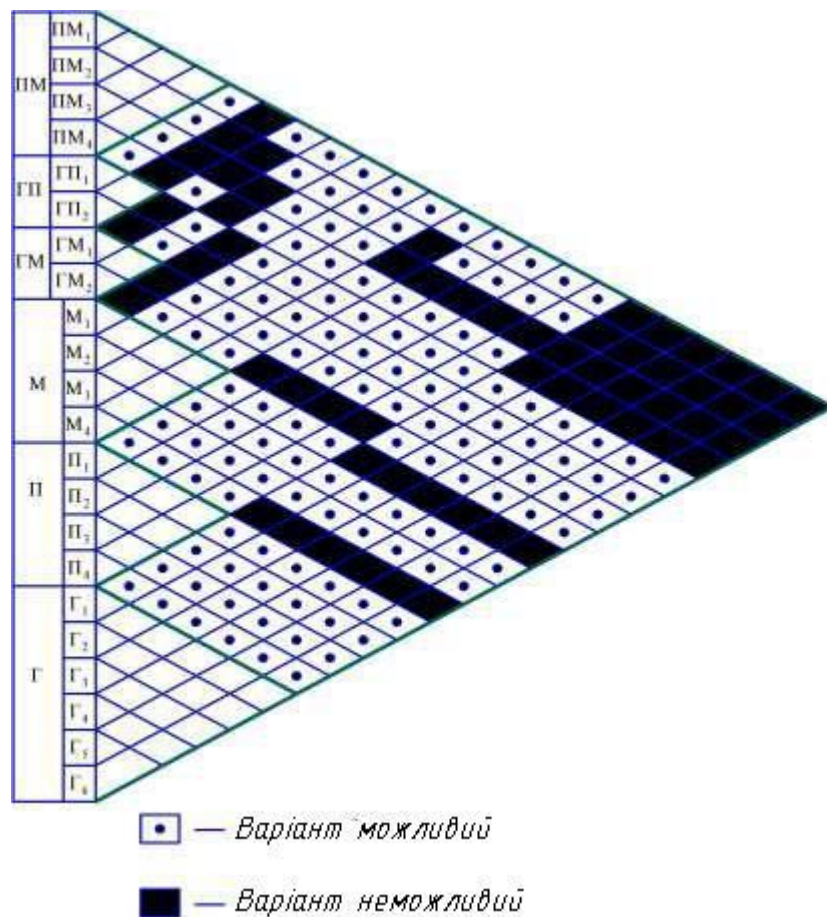


Рис. 2.3. Трикутна матриця бінарних відносин

Таким чином, на підставі структурно-морфологічного аналізу розроблено класифікацію розпилювачів рідини, яка має велике значення як для оцінки створюваних знову, так і застосовуваних форсуночних пристроїв. Окрім цього, розроблено морфологічну та трикутну матрицю бінарних відносин, які дозволяють отримати інформацію щодо комбінацій усіх розпилювачів, індексів апаратів, що випускаються для сільськогосподарських підприємств та виявлення принципово неможливих та неефективних варіантів, опису патентів та технічної літератури.

На сьогоднішній день сучасні вихрові труби успішно використовуються як джерело тепла та холоду в різних технологічних процесах. Вироблені вихровою трубою холодний і гарячий потоки застосовується для вирішення різноманітних промислових завдань точкового та технологічного охолодження та нагріву.

Для отримання гарячого туману та покращення технічних показників розпилювача нового типу, як джерело теплової енергії нами застосована вихрова

труба (рис. 2.4), що забезпечує нагрівання розчину дезінфікуючого при його розпиленні.

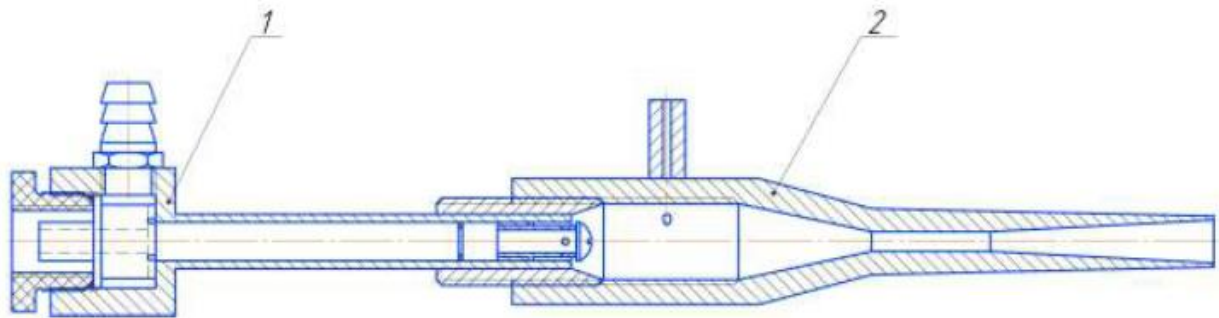


Рис. 2.4. Вихровий інжекторний розпилювач у тандемі з вихровою трубою

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

На першому етапі чисельного дослідження характеристик вихрового інжекторного розпилювача проведено оцінку поведінки газу як в обсязі проточної частини розпилювача (рис. 2.5), так і на виході у вільному від стін просторі. Розрахункові параметри однофазного потоку надалі будуть застосовані як початкові параметри руху суміші повітря з дисперсною фазою.

Вхідна порожнина відокремлена від проточної частини розпилювача гвинтом, що є дроселем вихрової труби. Геометрія вхідної порожнини побудована зі спрощенням, однак це дозволяє розрахувати параметри потоку в перерізі К на вході в проточну частину камери змішування розпилювача. У геометрії враховано наявність метричного різьблення М22х2,5.

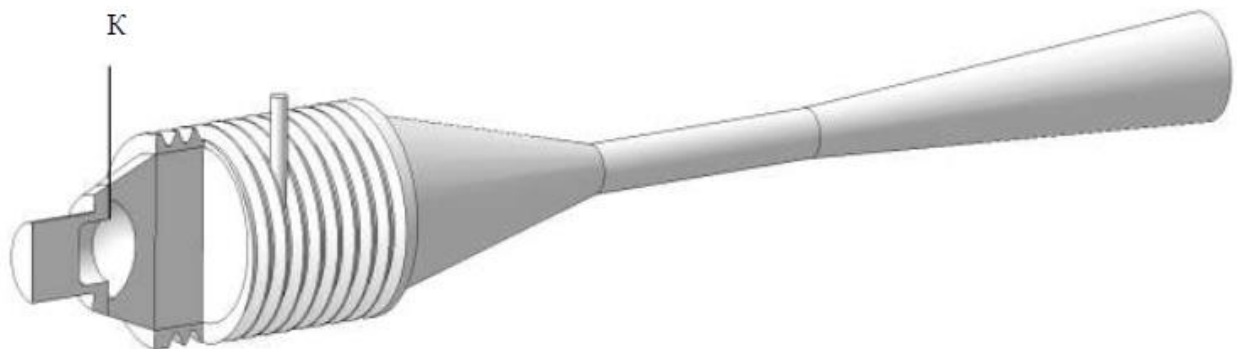


Рис 2.5. Загальний вигляд проточної частини розпилювача

Як робоче середовище використовувалося стиснене повітря (газ). Потенційна енергія тиску газу в міру руху в проточній частині камери змішування перетворюється на кінетичну енергію потоку струменя. Далі потік робочого середовища поєднується з вільним простором, що характеризується зниженням його швидкості. Параметри потоку вільного затопленого струменя впливають на параметри потоку в змішувачі.

Таким чином, створено загальний простір для завдання внутрішньої та зовнішньої динаміки газу (рис. 2.6). Розрахункова область включає об'єм камери змішування розпилювача V_K і деякий вільний простір V_C на відстані від виходу з розпилювача: 1 метр вздовж осі потоку (X) і 0,5 м у радіальному напрямку (Y). Також в область V_C включено простір за вихідним перерізом розпилювача, так як має місце інжекція із середовища.

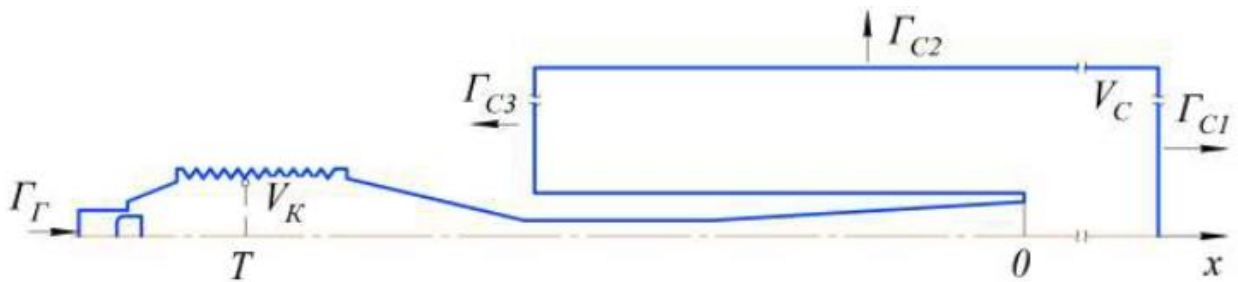


Рис. 2.6. Розрахункова область вихрового інжекторного розпилювача

Розрахунок течій газу виконаний шляхом чисельного рішення в декартовій системі координат рівнянь Нав'є-Стокса, середні по Рейнольдсу (RANS – Reynolds-averaged Navier-Stokes) для аналізу турбулентних течій, рівняння нерозривності (2.1) з урахуванням теплоперенесення (2.3) і стисливості середовища (2.4).

У досліджуваному потоці має місце значний перепад температур, так як гарячий газ із порожнини розпилювача спливає у вільний простір з нижчою температурою навколишнього середовища. Також оцінка витрати газу показує, що швидкість певних перерізах розпилювача може перевищувати число Маха більше 0,3. Це призводить до перепадів тиску. Таким чином, щільність газу як у вільному просторі, так і в проточній частині розпилювача є величиною змінної. Рівняння нерозривності виражається формулою:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho \bar{u}_j) = 0, \quad (2.1)$$

Коефіцієнт динамічної в'язкості визначається за такою формулою:

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho \bar{u}_i) + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho \bar{u}_i \bar{u}_j) = - \frac{\partial (\bar{p} \delta_{ij})}{\partial x_i} + 2\mu \frac{\partial \bar{S}_{ij}}{\partial x_j} + \frac{\partial \tau_{ij}^R}{\partial x_j}, \quad (2.2)$$

де: $i, j = 1 \dots 3$ – індекси ортогональних осей координат x ;

t – час;

u – середні за часом значення швидкостей;

u' – пульсаційні складові швидкостей.

Хоча опосередкування по Рейнольдсу усуває необхідність обчислення миттєвого поля потоку, воно запроваджує новий невідомий член проти рівняння Нав'є-Стокса. Цей невідомий член τ_{ij}^R називається тензором напруг Рейнольдса, який є доданою напругою через турбулентний рух. Цей член виникає із розкладання конвективного члена з використанням розкладання Рейнольдса.

Один із методів, який застосовується для обчислення напруги Рейнольдса в рівняннях RANS, заснований на використанні наближення Бусінеска. Цей підхід передбачає лінійну залежність між турбулентними напругами Рейнольдса та середньою швидкістю тензора деформації та визначається за формулою:

$$\bar{S}_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_i} \right) \quad \text{- тензор середньої швидкості деформації;}$$

$$\tau_{ij}^R = -\rho \overline{u'_i u'_j} = \mu_t \left[\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_i} - \frac{2}{3} \frac{\partial \bar{u}_k}{\partial x_k} \delta_{ij} \right] - \frac{2}{3} \rho k \delta_{ij} \quad \text{- тензор напруги}$$

Рейнольдса.

μ_t – турбулентна в'язкість;

$k = \frac{1}{2} \overline{u'_i u'_i}$ – турбулентна кінетична енергія на одиницю маси;

δ_{ij} – дельта Кронекера.

Єдиним невідомим у цьому рівнянні є вихрова в'язкість μ_t , яка визначається моделлю турбулентності.

У дослідженні розглянуто дві моделі турбулентності на основі розв'язання середніх рівнянь Рейнольдса: однопараметрична Spalart-Allmaras (SA) та двопараметрична Ментора Shear Stress Transport (SST).

Рівняння енергії представлено в одному з можливих записів через ентальпію:

$$\rho \frac{\partial h}{\partial t} + (\rho \bar{u}_j \cdot \nabla) h = \frac{dp}{dt} + \nabla \cdot (\lambda \nabla T) + \nabla \bar{u} : \tau + S, \quad (2.3)$$

де: T – температура;

λ – коефіцієнт теплопровідності;

$h = e + \frac{p}{\rho}$ – ентальпія;

e – внутрішня енергія як частина повної енергії $E = e + \frac{u_i^2}{2}$;

$\frac{dp}{dt}$ – передача енергії з допомогою роботи сил стиснення;

$\nabla \bar{u} : \tau$ – описує незворотне перенесення механічної енергії в тепло, є подвійним скалярним виразом, як $\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} \tau_{ij}$.

Значення коефіцієнтів теплопровідності, теплоємності прийняті незмінними. Коефіцієнт динамічної в'язкості заданий функцією температури.

Для замикання системи рівнянь (2.1, 2.2 та 2.3) використовується рівняння стану для ідеального газу:

$$p = \rho RT, \quad (2.4)$$

для внутрішньої енергії:

$$e = c_v T, \quad (2.5)$$

де: R – газова постійна;

c_v – ізохорна теплоємність.

Чисельне моделювання здійснено за допомогою вирішувача AcuSolve пакету програм Hyper Works.

Для визначення режимів роботи розпилювача зручно застосувати один із технологічних параметрів установки, а саме манометричний тиск P_s перед осушувачем вихрової труби.

Варто відзначити, що характерна для вихрової труби поведінка газу не передається у простір розпилювача, так як гарячий потік на виході з вихрової труби долає діафрагму і кільцеву щілину, що дроселює, з радіальним зазором 0,2 мм.

Подальший перебіг газу в розпилювачі визначатиметься потенційною енергією тиску перед кільцевою щілиною, що дроселює. Перепад тиску на щілині дроселя визначає витрату гарячого потоку, який зручно виміряти експериментально.

Граничними умовами на вході в камеру змішування Γ_Γ прийнято: витрата гарячого потоку вихрової труби G_Γ та його температура t_Γ (таблиця 2.1). Максимальна витрата та температура відповідає тиску $S = 0.508$ МПа.

На межах вільного простору Γ_{C1} , Γ_{C2} задані атмосферні умови, також виміряні в ході експерименту: $p_{окр} = 10^5$ Па, $t_{окр} = 25$ С°, на Γ_{C3} заданий тільки тиск $p_{окр} = 10^5$ Па.

Без урахування тангенціального підведення в точці Т (рис. 2.3) завдання має осьову симетрію, тому для економії обчислювальних ресурсів і часу розрахунку доцільно вирішувати завдання у двовимірній постановці.

Розрахункова сітка, представлена на рис. 2.7, складається з 260 тис. тетраедричних кінцевих елементів.

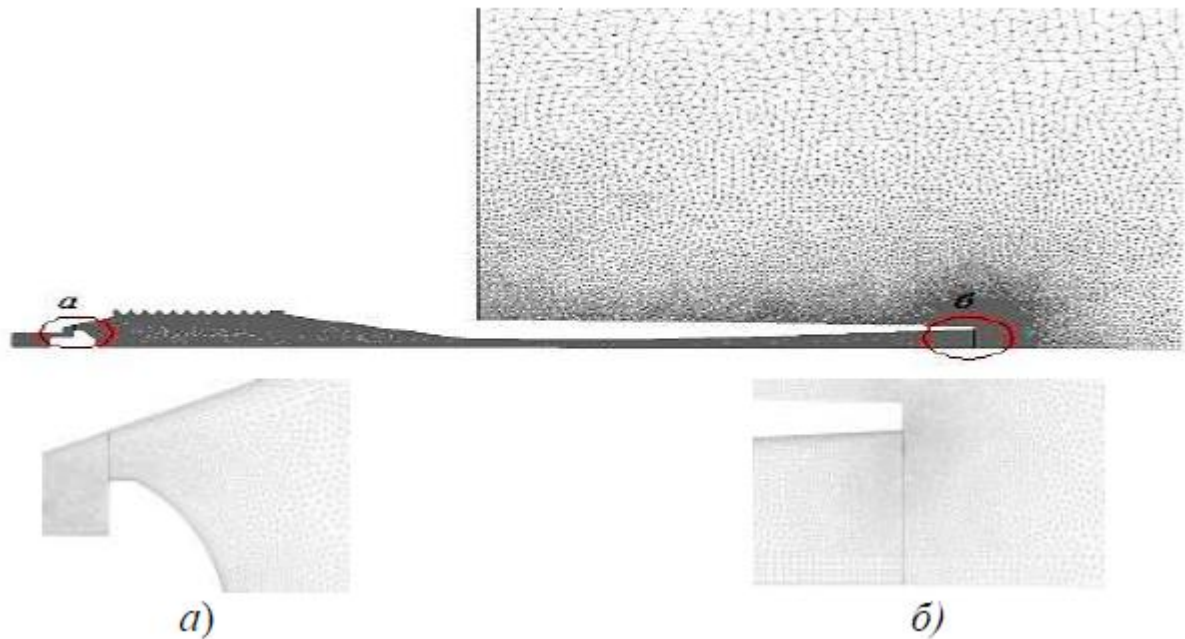


Рис. 2.7. Розрахункова тетраедрична сітка кінцевих елементів: а – розрахункова тетраедрична сітка на вході в камеру змішування розпилювача; б – розрахункова тетраедрична сітка в області вихідного перерізу розпилювача

При створенні сітки висота першого шару елементів біля стінки визначалося значення безрозмірної відстані від стінки Y^+ з оціночної формули:

$$Y = \frac{Y^+ \mu}{U_\tau \rho}, \quad (2.6)$$

де U_τ – швидкість тертя

$$U_\tau = \sqrt{\frac{\tau_w}{\rho}}. \quad (2.7)$$

Відносне напруження на стінці τ_w можна визначити через коефіцієнт поверхневого тертя C_f і визначається з виразу:

$$\tau_w = \frac{1}{2} C_f \rho U_\infty^2. \quad (2.8)$$

У разі тертя у каналі застосовується емпірична формула:

$$C_f = 0,079 Re^{-0,25}. \quad (2.9)$$

В'язкий підшар вирішувався за допомогою пристінкових функцій. У цьому випадку рекомендується діапазон $30 < Y^+ < 300$. За підсумками моделювання значення не перевищили $Y^+ \leq 40$.

Різні варіанти розрахунків виконані на єдиній сітці з оптимальною роздільною здатністю для досліджуваної геометрії та параметрів потоку.

Завдання вирішувалося шляхом встановлення, так як щільність повітря розраховувалася за рівнянням ідеального газу, тобто, тиск входить у систему рівнянь явно, а чи не лише у вигляді перших похідних. Отже, потрібно вказати розподіл тиску в початковий час. Як початкові параметри задано рівноважний з вихідною областю стан газу. При розрахунку граничні умови у вхідному перерізі Γ покроково змінювалися до досягнення значень, виміряних експериментально. При цьому отримані розподіл температури, тиску і швидкостей відповідали всім граничним умовам.

Норма витрати залежить від вибору дезінфікуючого засобу, об'єкта дезінфекції, типу інфекційної хвороби, біологічних особливостей мікроорганізмів, а також від вологості повітря приміщення, оскільки вологість повітря змінює концентрацію діючої речовини дезінфікуючого розчину. При використанні аерозольної дезінфекції потрібна повна герметизація приміщень, температура в ньому не нижче 15 °С, з вологістю 60...85 %.

Масова секундна витрата робочої рідини через вихровий інжекторний розпилювач визначається рівнянням:

$$m = \rho \cdot W \cdot F \cdot k, \quad (2.10)$$

де m – масова секундна витрата робочої рідини, кг/с;

ρ – густина робочої рідини, кг/м³;

W – швидкість закінчення робочої рідини, м/с;

F – площа перерізу потоку робочої рідини на виході із сопла, м²;

k – безрозмірний коефіцієнт, що враховує втрати робочої рідини в атмосферу, $k = 0,96 \dots 0,98$.

Використовуючи формулу Торрічеллі можна знайти величину швидкості закінчення потоку робочої рідини:

$$W = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta P}{\rho}}, \quad (2.11)$$

де $\Delta P = P_{\text{вх}} - P_{\text{вих}}$ – перепад тиску на форсунці.

Тоді, отримуємо:

$$m = F \cdot \sqrt{2 \cdot \rho \cdot \Delta P}. \quad (2.12)$$

Визначаючи відношення встановленої масової витрати через розпилювач до ідеальної витрати, знаходимо його коефіцієнт витрати за формулою:

$$\mu = \frac{m}{m_{\text{ид}}}. \quad (2.13)$$

Тоді рівняння для визначення встановленої масової витрати рідини можна представити:

$$m_y = \mu \cdot F \sqrt{2 \cdot \rho \cdot \Delta P}. \quad (2.14)$$

Перетворюючи масову витрату рідини в об'ємну, отримуємо наступну залежність:

$$Q_{\text{ж}} = \mu \cdot F \sqrt{2 \cdot \rho \cdot \Delta P} \cdot 10^{-3}. \quad (2.15)$$

Коефіцієнт витрати $\mu < 1$ і враховує причини зниження дійсної витрати порівняно з ідеальним.

Розмір коефіцієнта витрати при заданому перепаді тиску визначає пропускну здатність робочої рідини через сопло розпилювача.

РОЗДІЛ 3

ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ДЕЗИНФІКУЮЧОЇ УСТАНОВКИ

Для лабораторних досліджень структури потоку газорідної 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 і 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 термометри. 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 $-50...+150^{\circ}\text{C}$ і загальному витраті 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 на рис. 3.2. Установка включає досліджуваний вихровий інжекторний розпилювач 8 системи подачі, вимірювання і регулювання витрат дезінфікуючого засобу і стисненого повітря.

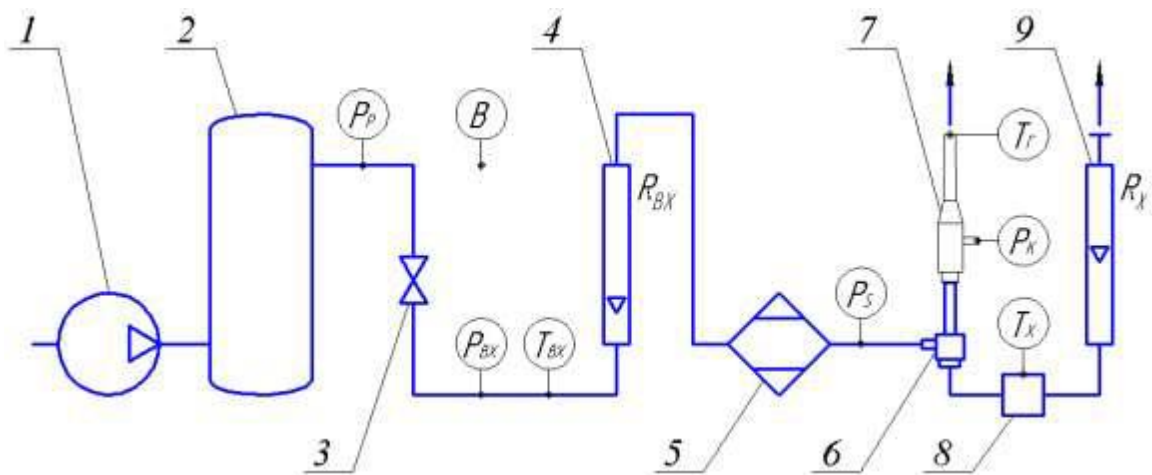


Рис. 3.1. Загальний вигляд і схема експериментального стенду для випробування вихрового інжекторного розпилювача термомеханічного типу: 1 – компресор; 2 – ресивер; 3 – вхідний вентиль; 4 – ротаметр стисненого повітря; 5 – осушувач вихрової труби; 6 – вихрова труба; 7 – вихровий інжекторний розпилювач;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

Система подачі дезінфікуючого засобу включає ємність 5 з нержавіючої сталі об'ємом $0,12 \text{ м}^3$, 1 компресор і трубопроводи. Робоча рідина подається на розпилювач 8 трубопроводом. Стиснене повітря з компресора 1 подається у 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.

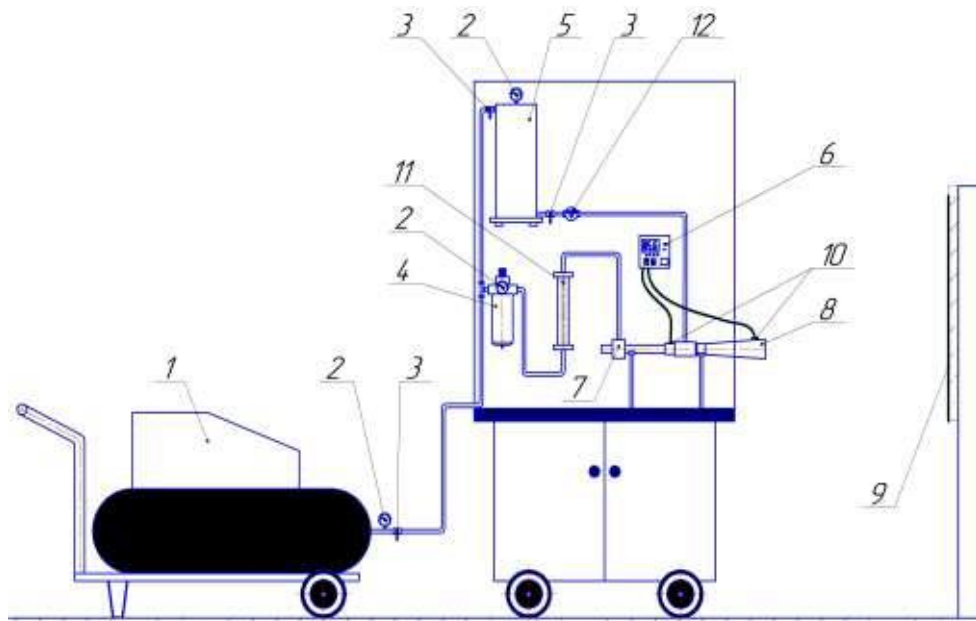


Рис. 3.2. Експериментальна дезінфікуюча установка: 1 – компресор; 2 – манометр; 3 – кран; 4 – осушувач-відстійник; 5 – бак-змішувач; 6 – універсальний вимірник-регулятор «Овен»; 7 – вихрова труба; 8 – розпилювач струменевий; 9 – оброблювана поверхня; 10 – датчики температури; 11 – ротаметр; 12 – лічильник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

Для регулювання подачі робочої рідини та стиснутого повітря використовуються запірні вентилі 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-регулятором 6 марки «Овен-2ТРМ1».

Під час проведення експериментальних досліджень вимір параметрів потоків у вихровому інжекторному розпилювачі пов'язано з низкою труднощів, які ведуть до зростання похибки експериментальних даних через порушення структури потоку, рідини, що розпилюється вимірювальними приладами:

- 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 основних умов, під час виборів контрольно-вимірювальної апаратури, є 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 визначення повного тиску на виході дифузійної частини інжекторного розпилювача використовували трубку повного тиску з прямим ніпелем (рис. 3.3).

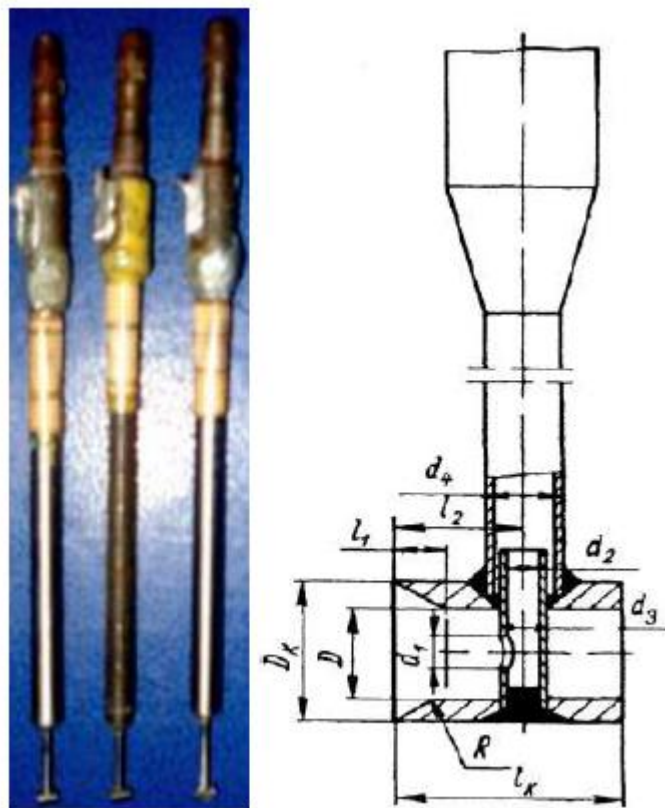


Рис. 3.3. Загальний вигляд та схематичне зображення трубки повного тиску з протокою з прямим ніпелем

З метою знаходження статичних тисків у проточній частині інжекторного розпилювача використовували трубку статичного тиску з протокою, загальний вигляд та схема розміщення якої представлена на рис. 3.4.

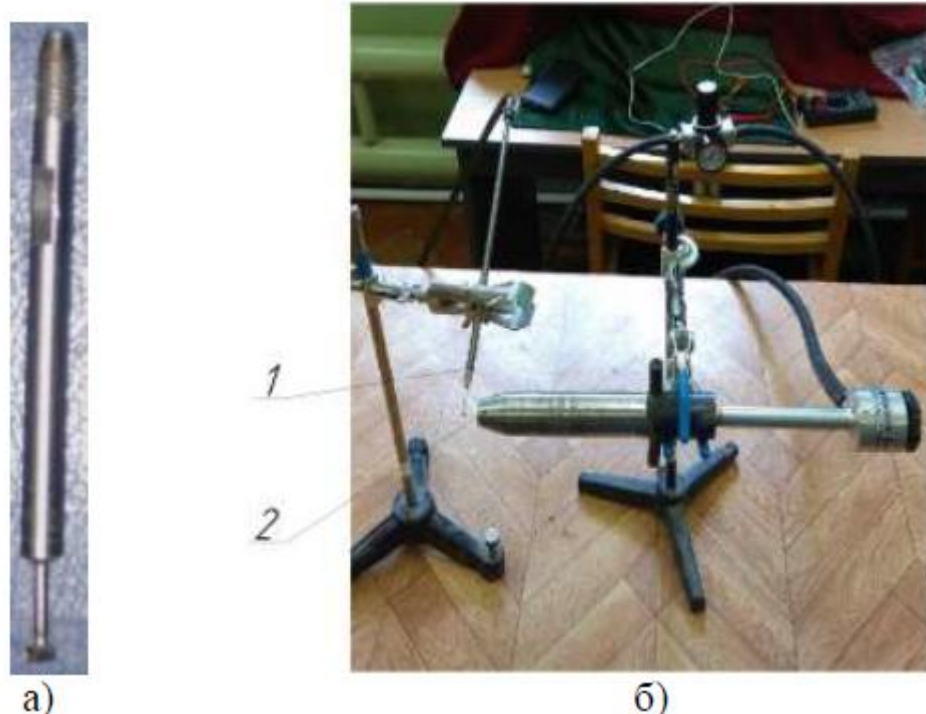


Рис. 3.4. Загальний вигляд та схема розміщення трубки статичного тиску з протокою : а – загальний вигляд трубки статичного тиску; б – схема розміщення трубки статичного тиску; 1 – трубка статичного тиску; 2 – інжекторний розпилювач; 3 – вихрова труба

Для реєстрації показань трубок повного та статичного тиску використовували U-подібні рідинні манометри (рис. 3.5), заповнені дистильованою водою.

Вимір параметрів потоку в характерній частині інжекторного розпилювача проводили в наступному порядку:

1. Вихід на режим роботи компресора, який визначався подачею постійного тиску, температури і витрати стисненого повітря.

2. У точках траверсування, за допомогою затискача штатива встановлювали трубки повного та статичного тиску і проводили замір полів повного та статичного тиску.

Для вимірювання подачі стисненого повітря використали ротаметр (рис. 3.6) марки РМ-40Г УЗ. Стиснене повітря з ресивера компресора подавали на вологовідділювач стисненого повітря марки УСВ-0,8В, потім на ротаметр і за шкалою визначали хвилинну витрату стисненого повітря через вихрову трубу.



Рис 3.5. Схема розміщення U-подібних манометрів

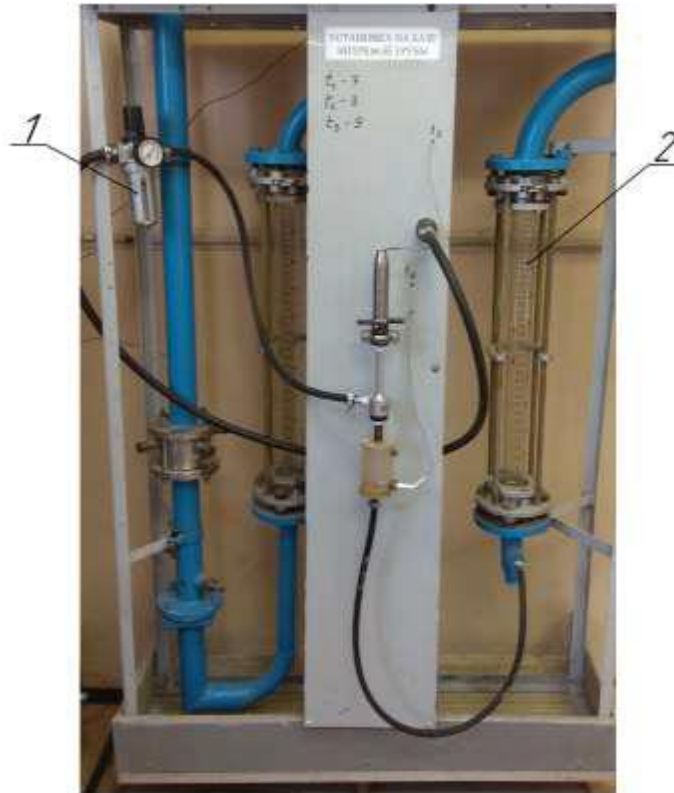


Рис. 3.6. Система вимірювання витрати стисненого повітря: 1 – вологовідділювач УСВ-0,8В; 2 – ротаметр РМ-40Г УЗ

Вимірювання температури дезінфікуючого розчину в баку проводили за допомогою термопари марки ДТС014-50М впаяний у кран подачі та реєстрували на вимірювальному комплексі ОВЕН 2ТРМ1 (рис. 3.7).

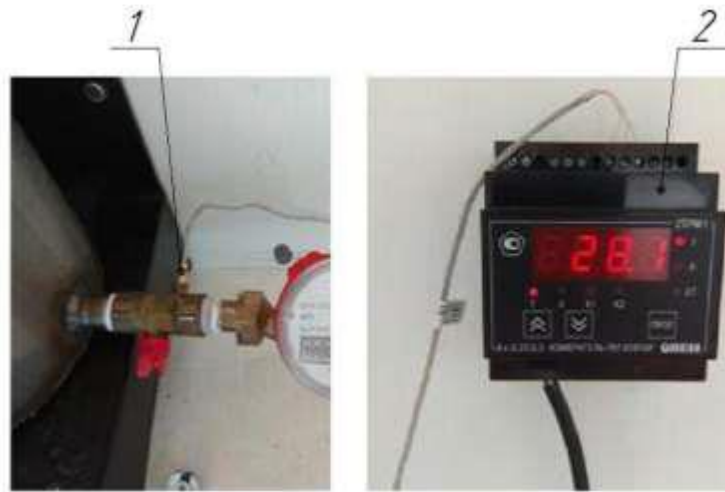


Рис. 3.7. Вимірювальний комплекс ОВЕН 2ТРМ1 з термопарою марки ДТС014-50М: 1 – термоперетворювач опору (термопара) ДТС014-50М; 2 – вимірювальний комплекс ОВЕН 2ТРМ1

Вимірювання витрати дезінфікуючого розчину проводили лічильником СГВ-15 БЕТАР (рис. 3.8).



Рис. 3.9. Лічильник витрати рідини СГВ-15 БЕТАР



Рис. 3.9. 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. 3.10).



Рис. 3.10. Барометр-анероїд БАММ-1: 1 – барометр; 2 – термометр

Усі контрольно-вимірювальні системи та прилади, використані в лабораторії та у виробничих умовах, були відтаровані відповідно до вимог національного стандарту України.

У тваринницьких приміщеннях проводили дезінфекцію шляхом аерозольного розпилення нагрітого препарату «Віроцид» вихровим інжекторним розпилювачем. У корівнику №1 для обробки 1000 м³ застосували 20% розчин дезінфікуючого препарату об'ємом 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 м³ 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 підлоги, стін, стель та годівниць.

При бактеріологічному дослідженні всіх проб змивів тест-мікроби кишкової палички не виявлено, результати представлені у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – 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 дезінфекції	після дезінфекції	до дезінфекції	після дезінфекції	до дезінфекції	після дезінфекції	до дезінфекції	після дезінфекції
Біля входу в корівник:								
- підлога	+	-	+	-	+	-	+	-
- стіни	+	-	+	-	+	-	+	-
- стеля	+	-	+	-	+	-	+	-
- годівниця	+	-	+	-	+	-	+	-
У центрі корівника:								
- підлога	-	-	+	-	+	-	-	-
- стіни	+	-	+	-	+	-	+	-
- стеля	+	-	+	-	+	-	+	-
- годівниця	+	-	+	-	+	-	+	-
В кінці 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 знизилася, що свідчить про високу ефективність нової конструкції вихрового інжекторного розпилювача. Зниження витрати дезінфікуючого засобу веде до зниження собівартості проведення санітарно-ветеринарних робіт та надмірного впливу хімічних засобів на здоров'я тварин та обслуговуючого персоналу тваринницького комплексу підприємства, а також суттєвого зниження антропогенного навантаження на навколишнє середовище.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

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

Обґрунтовані конструктивні параметри пропонованого вихрового інжекторного розпилювача термомеханічного типу (кут конусності конфузору $\varphi_{\text{конф}}=24^\circ$; кут конусності дифузора $\varphi_{\text{диф}}=7^\circ$; довжина камери змішування $l_{\text{см}}=31\text{мм}$; довжина дифузornoї камери $l_{\text{диф}}=58\text{мм}$; діаметр камери змішування $d_{\text{см}}=5\text{мм}$; діаметр каналу тангенціального підведення робочої рідини $d_{\text{під}}=1\text{мм}$).

Встановлено закономірності розподілу швидкостей потоку та значення температури суміші в характерних перерізах о інжекторного розпилювача та визначено вплив різного тиску стисненого повітря на вході вихрову трубу ($P_s=0,3\dots0,5\text{МПа}$) на технологічні характеристики вихрового інжектора термомеханічного типу.

Визначено дисперсний склад аерозолів, що одержуються при різних режимах роботи вихрового інжекторного розпилювача термомеханічного типу. При живильному тиску $P_s=0,3\text{ МПа}$ і витраті $Q_p=15\text{ мл/хв}$ середній діаметр крапель становив $D_{\text{ср}}=100\text{ мкм}$, при $P_s=0,4\text{ МПа}$ і $Q_p=15\text{ мл/хв}$ середній діаметр крапель становив $D_{\text{ср}}=50\text{ мкм}$, при $P_s=0,5\text{ МПа}$ і $Q_p=15\text{ мл/хв}$ середній діаметр крапель становив $D_{\text{ср}}=20\text{ мкм}$. Результати дисперсного складу аерозолу показують, що перший режим підходить для дезінфекції оброблюваних поверхонь шляхом зрошення дезінфікуючого розчину, другий та третій режими – для аерозольної дезінфекції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Апатенко, В. М., Стегній, Б. Т., Головка, В. О. (2009) Загальна ветеринарна мікробіологія: навчальний посібник. Харківська державна зооветеринарна академія. Харків: РВВ ХДЗВА, 294.
2. Березовський, А. В. (2006) Екологічні проблеми сучасної паразитології. Наковий вісник Національного аграрного університету, 98, 19- 28.
3. Богатко, Н. М. (2006) 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, 9, 42–44.
4. Якубчак, О. М., Хоменко, В. І., Мідик, С. В. (2005) Ветеринарна дезінфекція, дезодорація, дезінсекція, дезінвазія, дератизація: інструкція Затв. Державним департаментом ветеринарної медицини України 23.12.2005 Київ: НАУ, 75.
5. Якубчак, О. М., Хоменко, В. І. (2005) Ветеринарно-санітарна експертиза з основами технології і стандартизації продукції тваринництва Київ: ТОВ Біопром, 799.
6. Коваленко, В. Л., Яценко, М. Ф., Чехун, А. І., Резуненко, Є. В. (2009) Вивчення фізико-хімічних властивостей комбінованих дезінфектантів Проблеми зооінженерії та ветеринарної медицини, 19, 2(3), 195–199.
7. Коваленко, В. Л., Чехун, А. І., Ярошно, Я. М., Гнатенко, А. В. (2011) Визначення бактерицидності комплексного дезінфікуючого препарату щодо грамнегативної мікрофлори на основі полігексаметиленгуанідину гідрохлориду. Сільськогосподарська мікробіологія: здобутки та перспективи: збірник наукових праць / Інститут сільськогосподарської мікробіології НААН України. Чернігів, 389–392.

8. Визначення чутливості мікроорганізмів до антибактеріальних препаратів: методичні вказівки; затверджені Наказом МОЗ України № 167. Київ, 2007.

9. Високос, М. П. Чорний, М. В., Захаренко, М. О. (2003) Практикум для лабораторно-практичних занять з гігієни тварин. Харків: Еспада, 218.

10. Влізло, В. В. Федорук, Р. С., Макар, І. А. (2004) Фізіологобіохімічні методи досліджень у біології тваринництва та вет. медицини: довідник. Львів : Ін-т біології тварин, 399.

11. Фотіна, Т.І., Сахацька, О. І., Степаніщенко, М. М. (2003) Ефективність застосування екологічних і ветеринарно-санітарних заходів при виробництві продукції птахівництва. Птахівництво: міжвідомчий тематичний науковий збірник, 53, 652–657.

12. Коваленко, В.Л. (2012) Сучасні дезінфектанти на контроль біобезпеки. Ветеринарна біотехнологія, 21, 61–71.

13. Коваленко, В. Л. (2010) Ефективність застосування бактерицидних засобів у тваринництві. Міжвідомчий тематичний науковий збірник УААН, 93, 215–219.

14. Козир В. (2006) Вплив мікроклімату на вирощування свиней. Тваринництво України, 5, 9–10

15. Козир, В., Коровніков, Г. (2004) Щодо концентрації розвитку тваринництва. Тваринництво України. 12, 1–4.

16. Котелевич, В.А., Кравченко, В. Я., Лисенко, О. Н. (2005) Ветеринарно-санітарна експертиза і ветсаноцінка м'яса і м'ясних продуктів, що надходять на житній ринок м. Житомир. Ветеринарна медицина України, 5, 33-34.

17. Боровський В.М. **Патюк І.С.** Сучасні методи дезінфекції сільськогосподарських приміщень та обладнання. Збірник тез ІХ-ї всеукраїнської науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь». м. Житомир, 5 квітня 2023 року. Житомир : ЖАТФК. С. 231-232.

18. Боровський В.М. Патюк І.С. Аналіз технічних засобів для проведення дезінфекції сільськогосподарських приміщень та обладнання. Наукові читання–2023: матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики. 19 квітня 2023 р. Житомир : Поліський національний університет, 2023. Т. 3. С. 98-103.