

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА

На правах рукопису

УДК 62-783-2: 614-832-14

ДУБІЛЬ РОМАН ЯРОСЛАВОВИЧ

**ГАЗОДИНАМІЧНІ ВИБУХОІНЦІЮЮЧІ ПРИСТРОЇ КОНТРОЛЮ
ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНОСТІ АТМОСФЕРИ ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕНЬ**

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

дисертації на здобуття вченого ступеня
кандидата технічних наук

**05.11.01 - Прилади та методи виміру механічних
величин**

Львів - 1996

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в ~~Вороніжському ОКБ~~ № 00752620 (М)

і в Державному університеті "Львівська політехніка" на кафедрі "Автоматизація теплових і хімічних процесів".

Науковий керівник - доктор технічних наук,
професор ПІСТУН Є.П.

Офіційні опоненти - доктор технічних наук,
професор БРОДИН І.С.
доктор хімічних наук,
професор ЛЕВУШ С.С.

Провідна організація - УкрНДІ аналітичного приладо-
будування (Київ).

Захист відбудеться 27 вересня 1996 р. о 15 год. на засіданні спеціалізованої вченої ради для захисту дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора наук Д 04.06.16 при Державному університеті "Львівська політехніка" (290646, м. Львів-13, вул. С.Бандери-12, 51 аудиторія 10-го корпусу).

З дисертацією можна ознайомитися в науковій бібліотеці ДУ "Львівська політехніка" (вул. Професорська, 1).

Автореферат розісланий "23" 08 1996р.

Вчений секретар
спеціалізованої ради
к.т.н., доцент

Вашкурак Ю.З.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність і ступінь дослідженості теми. В різних галузях промисловості, наприклад, в хімічній, нафтовій та газовій, велика кількість технологічних процесів пов'язана з використанням горючих рідин та газів. Таке використання горючих компонентів і постійна інтенсифікація процесів зставляють приділяти все більше уваги задачі отримання вчасної інформації про утворення в виробничих приміщеннях вибухонебезпечних концентрацій, оскільки наслідки такого утворення можуть бути надзвичайно трагічними.

Складність в вирішенні даної задачі полягає в тому, що на сьогоднішній день існує більш ніж 300 речовин, які можуть утворювати з повітрям вибухонебезпечні суміші, вони мають різні фізичні та хімічні властивості, агресивність, корозійну активність. Крім того, можлива одночасна присутність декількох горючих, а їх концентрація може безперервно змінюватися. Отже, найважливішим тут буде - навіть не визначення абсолютного значення концентрації кожного із горючих компонентів, а безпосереднє встановлення наявності небезпечності вибуху при цих концентраціях незалежно від того, знаходиться в атмосфері один горючий компонент чи їх сума.

Вирішенню власне цієї актуальної задачі і присвячена дана робота.

Актуальність і важливість роботи підтверджена також тим, що вона виконувалася за завданнями інституту техніки безпеки НДІТЕХП (м. Северодонецьк), шифр наказ-нарядів С-09808403266, С-09838403144, С-09848703387, 4123879003509, і відносилася до найважливіших в бувшому СРСР.

Мета і основні завдання дослідження. Метою даної роботи є теоретичне і експериментальне дослідження вибухоініціюючого методу контролю вибухонебезпечності атмосфери виробничих приміщень, та розробка на його базі пристроїв контролю вибухонебезпечності атмосфери (сигналізаторів), які могли б працювати в атмосфері з агресивними компонентами і видавати попереджувальний сигнал про потенційну небезпеку незалежно від того, знаходиться в атмосфері один горючий компонент чи їх сума.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі: дослідити вибухоініціюючий метод контролю вибухонебез-

печності атмосфери та проаналізувати варіанти його технічної реалізації; розробити основи побудови газодинамічного вибухоініціюючого пристрою контролю вибуховості атмосфери виробничих приміщень – газодинамічних вибухоініціюючих сигналізаторів (ГВС); дослідити способи отримання вибухоініціюючих імпульсів без електричного живлення; розробити математичну модель генератора вибухоініціюючих імпульсів, методику його розрахунку та оптимального проектування; розробити математичну модель ГВС; розробити конструкцію ГВС; провести дослідження на точність і стабільність ГВС; розробити методику та установку для визначення метрологічних характеристик і атестації ГВС.

Наукова новизна.

1. Розроблена методику визначення довибухонебезпечних концентрацій речовин в умовах, які відрізняються від стандартних.

2. Розроблені принципи побудови ГВС.

3. Розроблені математична модель, методику розрахунку та оптимального проектування генератора вибухоініціюючих імпульсів.

4. Розроблено новий метод "плазмового" ініціювання вибуху.

5. Розроблено спосіб вирівнювання концентрації аналізованого середовища і горючого газу в камері вибуху.

6. Розроблено конструкції генератора вибухоініціюючих імпульсів і камери вибуху.

7. Розроблено та досліджено детектор вибуху.

8. Встановлена залежність ймовірності вибуху від потужності вибухоініціюючих імпульсів, просторових характеристик електродів та характеру розряду при плазмовому і безплазмовому ініціюванні вибуху.

9. Розроблено математичну модель газодинамічних вибухоініціюючих пристроїв контролю вибуховості атмосфери виробничих приміщень.

10. Розроблено динамічний змішувач газів для визначення метрологічних характеристик і атестації ГВС.

Практична цінність. Аналіз та моделювання вибухоініціюючого методу контролю вибухонебезпечності атмосфери дозволили розробити принципи побудови ГВС, що можуть працювати в агресивній атмосфері з декількома горючими компонентами. Розроблена методику визначення довибухонебезпечних концентрацій в

умовах, які відрізняються від стандартних, дозволяє уточнити нижні концентраційні границі розповсюдження полум'я (НКГР) - вибуховості горючих речовин та реалізувати пристрої контролю за 20% значенням НКГР в виробничих приміщеннях. Розроблено, досліджено та доведено до серійного випуску ГВС. Розроблено досліджено та впроваджено динамічний змішувач газів для метрологічного забезпечення ГВС.

Наукова і практична новизна роботи підтверджена також авторськими свідоцтвами N N 997044, 1054786, 1055911, 1108877 1111068, 1276122, 1427390, 1434418, 1449970, 1509855, 1520491, 1649942, 1602230, 1832994, 1832995, 1741120, 1737478, 1803925, а практична цінність - впровадженням у серійне виробництво.

Реалізація і впровадження результатів роботи. Розроблені однокотковий та чотириточковий ГВС освоєні та серійно випускаються у ВОКБА НПО "Хімавтоматика" (м.Вороніж). Освоєно також випуск динамічних змішувачів газів для метрологічного забезпечення сигналізаторів довибухонебезпечних концентрацій горючих газів (м.Львів).

На захист виносяться. Основні положення, що складають наукову новизну роботи, які визначені вище в "Науковій новизні", та розроблені ГВС і засоби їх метрологічної атестації.

Апробація роботи. Основні результати роботи апробовані на Всесоюзній науково-технічній конференції "Физико-химические методы и инженерно-технические решения в газоаналитическом приборостроении" (Одесса, 1984); XI нараді спеціалістів країн членів СЕВ по техніці безпеки "ИНТАБ-85" (Северодонецк, 1985); XV Всесоюзній нараді "Пневмоавтоматика" (Львов, 1985); науково-практичній конференції "Проблеми пожежної безпеки" (Київ, 1995), а також на науково технічних конференціях Державного університету "Львівська політехніка" (1984 - 1994).

Розроблені ГВС експонувались на ВДНГ (СРСР), а також на міжнародних виставках Пекін (КНР), Лейпціг (Німеччина) "ИНХЕБА" (Чехословаччина).

Публікації. За результатами досліджень опубліковано 8 наукових робіт і отримано 18 авторських свідоцтв.

Особистий внесок дисертанта. За особистою участю дисертанта були розроблені: принципи побудови газодинамічних вибухоініціюючих пристроїв контролю вибуховості атмосфери

виробничих приміщень (ГВС); математичні моделі генератора вибухоініціюючих імпульсів і ГВС; методика розрахунку і оптимального проектування генератора вибухоініціюючих імпульсів; метод плазмового ініціювання вибуху; методика визначення довибухонебезпечних концентрацій горючих речовин в умовах, які відрізняються від стандартних; вирішена задача інтенсивного перемішування аналізованого середовища і горючого газу в камері вибуху; конструкції генератора вибухоініціюючих імпульсів, камери вибуху, детектора вибуху, ГВС.

Обсяг роботи. Дисертаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів і висновків, обсягом 173 сторінки друкованого тексту, включаючи 25 рисунків, 7 таблиць, бібліографічний список із 144 назв. В додатках до дисертації наведені програми машинної обробки результатів досліджень, акти випробувань вузлів на вибухозахищенність, довідки про експонування на виставках, акти державних випробувань, заключення головної організації даного виду продукції, відгуки про роботу впроваджених ГВС, довідки про серійний випуск, свідоцтво державної метрологічної атестації динамічного змішувача.

ЗМІСТ І ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність роботи, сформульовані мета і задачі дослідження, наведені основні результати і положення, що подаються автором до захисту.

У першому розділі наведено огляд основних методів контролю вибухонебезпечності атмосфери виробничих приміщень. Показано, що найбільш перспективним методом є вибухоініціюючий метод контролю. Цей метод базується на прямому випробуванні атмосфери виробничих приміщень на вибуховість в камері вибуху.

Розглянуто і проаналізовано існуючі пристрої для визначення нижньої границі розповсюдження полум'я (вибуховості) горючих речовин, які базуються на методі прямого випробування на вибуховість. Проведений аналіз показує, що найбільш перспективним в плані забезпечення виробництва пристроями контролю вибухонебезпечності атмосфери виробничих приміщень, які використовують агресивні горючі речовини в ГВС.

В другому розділі приведені результати досліджень, на базі яких сформульовані принципи побудови ГВС, структура ГВС, розроблені математичні моделі основних вузлів ГВС, на базі

яких виконано їх оптимальне проектування.

В роботі показано, що використовуючи метод прямого випробування середовища на вибуховість, необхідно, з метою визначення дійсних значень границь вибуховості, реалізувати вимоги приведені в стандартах, а саме: вимоги до геометричних розмірів і типу матеріалу камери вибуху, вимоги до енергії вибухоніцируючого імпульсу, вимоги до способу детектування вибуху, вимоги до способу приготування і часу перемішування горючого газу. Однак ці вимоги є неприйнятними при реалізації приладного варіанту пристрою контролю вибухонебезпечності атмосфери.

В зв'язку з цим нами запропонована нова методика визначення довибухонебезпечних концентрацій горючих речовин на рівні 20% від значення концентрації при НКГР в умовах, що відрізняються від стандартних.

Суть цієї методики заключається у встановленні та стабілізації на цьому рівні такої кількості збагачувального горючого газу, при якій в сумі з 20% значенням горючого газу в аналізованому середовищі від величини НКГР наведеним в ГОСТі, ще проходив би вибух.

Це дає можливість експериментально досліджувати процеси вибуховості горючих речовин в умовах, які можна реалізовувати в приладному виконанні та розробляти пристрої контролю вибухонебезпечності атмосфери виробничих приміщень. Такі пристрої складаються із таких основних вузлів: давача вибуху (генератора енергії, розрядника, камери вибуху з вогнегасниками), детектора вибуху, дозатора збагачувального горючого газу.

Виконано аналіз можливостей побудови генераторів енергії, - найважливішого вузла ГВС. Показано, що найбільш працездатним є пневматичний генератор енергії з використанням перетворення деформації стиску п'єзокерамічних стовпців в заряд. Розроблено його математичну модель, яка дає змогу правильно, з точки зору отримання максимуму енергії, вибрати тип п'єзокераміки, визначити висоту п'єзокерамічних стовпців і кількість секцій суматора при заданій висоті генератора, а також оптимально спроектувати генератор в цілому, додатково враховуючи параметри надійності, собівартості, матеріалоемності, і яка описується виразами:

$$E = 5.65 \cdot \frac{d_{33}^2}{E_{33}/E_0} \cdot (N_1 \cdot f \cdot n - h \cdot f \cdot n)^2 \cdot \frac{\partial \sigma_{ж}}{K}, \quad (1)$$

$$\Delta(E/E_{max}) = K_N \cdot \Delta(X/X_{max}) + K_C \cdot \Delta(Y/Y_{max}) + K_M \cdot \Delta(Z/Z_{max}), \quad (2)$$

де, E - енергія генератора; d_{33} - п'єзоелектричний модуль матеріалу п'єзоелементів; E_{33}/E_0 - відносна діелектрична проникливість матеріалу п'єзоелементів; N_1 - висота генератора; h - висота однієї секції мембранного суматора; f - сила, яка розвивається за допомогою однієї секції мембранного суматора; n - число секцій; $\partial \sigma_{ж}$ - границя механічної стійкості п'єзоелементів; K - коефіцієнт запасу стійкості; $\Delta(E/E_{max})$, $\Delta(X/X_{max})$, $\Delta(Y/Y_{max})$, $\Delta(Z/Z_{max})$ - відносна зміна відповідно енергії, надійності, собівартості, матеріалоемності; K_N , K_C , K_M - коефіцієнти вагомості відповідно надійності, собівартості, матеріалоемності по відношенню до коефіцієнта вагомості енергії. В результаті оптимізації знайдено, що для конкретних розмірів, наприклад, висоти генератора $N_1 = 200$ мм, висоти однієї секції суматора 5 мм і для коефіцієнтів K_N , K_C , K_M рівними відповідно 1/3, 1/3, 1/10 оптимальним є генератор, який має 12 секцій суматора і висоту п'єзокерамічних елементів - 14 мм.

При виборі ж типу п'єзокераміки показано, що найкраще підходить п'єзокераміка типу ЦТСНВ-1, застосування якої дає можливість збільшити в 1.6 раз енергію генерації в порівнянні із другою по величині ефективності п'єзокерамікою типу ЦТВС-3.

Виконано аналіз методів детектування вибуху. Розроблено детектори вибуху і проведено їх експериментальні дослідження. В результаті досліджень встановлено, що найбільш придатними для визначення вибуху в камері з об'ємом 100 см^3 є детектори тиску. Приведено принципові схеми розроблених і досліджених детекторів.

Проведено аналіз камер вибуху. Виготовлено три типи камер вибуху в вигляді кулі, циліндра, та зрізаного конусу. Проведено експериментальні дослідження з метою вибору типу камери вибуху. Показано, що тиск, який виникає в момент вибуху, для суміші горючого газу з повітрям на нижній концентраційній границі вибуху в камері, яка виконана у вигляді зрізаного конусу в 2-3 рази більший по амплітуді, ніж

в інших камерах.

Приведені результати дослідження процесу запалювання при використанні іскри, як джерела вибухоініціюючих імпульсів. Запропоновано і реалізовано новий спосіб отримання "плазмового" вибухоініціюючого імпульсу. Суть цього способу заключається в тому, що в міжелектродний простір подається суміш горючого газу з повітрям з мінімальною енергією запалювання. Приведені результати дослідження процесу запалювання при використанні "плазми" як джерела вибухоініціюючого імпульсу. Встановлено, що при використанні такого джерела є можливість розширити область застосування ГВС на будь які довибухо-небезпечні суміші.

Вирішена задача оптимізації конструктивних розмірів камери вибуху. Встановлено, що при використанні "плазмового" вибухоініціюючого імпульсу для ГВС оптимальною є камера вибуху конічної форми об'ємом 50 см^3 , діаметром нижньої основи 10 мм, діаметром верхньої основи 45 мм.

Третій розділ присвячено розробці та дослідженню ГВС.

На основі встановленого принципу роботи розроблена функціональна схема ГВС, яка показана на рис.1. Для забезпечення контролю довибухонебезпечності атмосфери виробничих приміщень в ГВС повинні виконуватись в певній послідовності наступні операції:

1) транспортування аналізованого середовища через камеру вибуху, в результаті чого із камери мають виводитись продукти попереднього аналізу, а камера - заповнюватись новим аналізованим середовищем;

2) блокування лінії подачі аналізованого середовища та закінчення його транспортування після 7 - 10 кратного омивання камери вибуху новим аналізованим середовищем;

3) подача збагачувального горючого газу в камеру вибуху;

4) перемішування збагачувального горючого газу з аналізованим середовищем в камері вибуху;

5) включення генератора іскри та подача витрати суміші горючого газу з повітрям для утворення "плазми";

6) детектування вибуху.

Крім вищевказаних операцій в ГВС повинно забезпечуватись підключення збуджувача витрати аналізованого середовища до

об'їпасної лїнії на час перемїшування збагачувального газу з аналізованим середовищем і випробуванням на вибуховість, а також діагностування роботи всіх вузлів ГВС. Очевидно необхідна також синхронїзація виконання всіх вищеперелїчених функцій в часї.

На рис. 1, крім функціональної схема ГВС, показана циклограма його роботи. Стан клапанів, показаних на цїй схемї, відповідають стану клапанів в підготовчому режимї (один цикл роботи ГВС умовно розбитий на 2 режими - підготовка та робота).

ГВС працює наступним чином. Спочатку в підготовчому режимї при P_{t1} рівним "0", P_{t2} рівним "1" аналізоване середовище за допомогою збуджувача витрати 1 безперервно скидається із вхідної лїнії через клапани 2 і 3, вогнегасник 4, камеру вибуху 5, вогнегасник 6 та клапан 7 в лїнію скиду. Горючий газ з локального джерела 8, через стабілізатор тиску 9 та клапан 10 подається в емність 11. При цьому із камери вибуху 5 виносяться продукти попереднього циклу аналізу, а сама камера заповнюється свіжим аналізованим середовищем. В емності 11 накопичується доза горючого газу.

В робочому режимї спочатку за рахунок короточасної появи сигналу P_{t2} ="0" закриваються клапани 10 і 3 та відкривається клапан 12. При цьому з емності 11 через клапан 12, вогнегасник 4 в камеру вибуху 5 вводиться доза збагачувального горючого газу. Після цього при P_{t1} ="1" і P_{t2} ="1" закриваються клапани 7 і 12, відкриваються клапани 3 і 10 і з деякою затримкою, яка формується опором 13, закривається клапан 2, відкриваються клапани 14 і 15. При цьому спочатку перекриваються вихідна лїнія камери вибуху і лїнія вводу дози збагачувального горючого газу, емність 11 підключається до стабілізатора 9, камера вибуху підключається до вхідної лїнії, після цього камера вибуху відключається від вхідної лїнії і підключається до лїнії атмосфери, а вхідна лїнія підключається до збуджувача витрати 1. В камерї вибуху проходить перемїшування введеної дози збагачувального горючого газу з аналізованим середовищем. Після цього при формуванні блоком управління 16 команди P_{t3} ="1" відкриваються клапани 17 і 18 і в камеру вибуху 5 через вогнегасник 19 подається сумїш горючого газу з повітрям, яка сформована з допомогою стабілізаторів витрати горючого газу 20 і повітря 21, і одночасно з цим відкриваються клапани

22 і 23. При цьому до камери вибуху 5 підключається детектор вибуху 24, подається тиск живлення до мультівібратора 25. На виході мультівібратора формується послідовність імпульсів тиску $P_r = "1"$ і $"0"$, які подаються на генератор енергії 26 для утворення в міжелектродному просторі іскри і "плазми" та подальшого запалювання аналізованого середовища.

Необхідно відмітити, що ввід дози збагачувального горючого газу з метою суттєвого скорочення часу його перемішування з аналізованим середовищем виконано так, що він здійснюється в два етапи: спочатку при відключенні камери вибуху від вхідної лінії клапаном 3, тобто при інтенсивному наростанні вакууму в камері вибуху, потім при відключенні від лінії скиду клапаном 7 і повторному підключенні до вхідної лінії клапаном 3. Така послідовність дозволяє затягувати в камеру, після вводу дози збагачувального горючого газу, деяку кількість аналізованого середовища, що приводить до інтенсивного їх перемішування. Формування затримки дроселем 13 для закриття клапану 2 і відкриття клапанів 14 і 15 необхідно для того, щоб в камеру вибуху, після вводу дози збагачувального горючого газу, попадало аналізоване середовище із вхідної лінії, а не із лінії атмосфери.

Перевірка працездатності сигналізатора здійснюється з допомогою вузла автоматичної перевірки працездатності 27. Суть його роботи зводиться до того, щоб по сформованій команді P_k через певний наперед заданий час, збагачення аналізованого середовища провести так, щоб в камері вибуху 5 утворилась вибухонебезпечна суміш. При цьому в даному випадку має відбутись запалювання суміші в камері вибуху 5 і має спрацювати детектор вибуху 24, тобто має появитись сигнал про небезпеку. Для того щоб цей сигнал не попадав в вихідну лінію ГВС передбачено клапан 28, який перекидає вихідну лінію по цій же команді вузла. Спрацювання детектора в даному випадку сприймається як "контроль". Сигнал "контроль" переводить автоматично вузол 27 в початковий стан. Наявність сигналу "контроль" свідчить про те, що : збагачувальний горючий газ подається із локального джерела до ГВС і вводиться в камеру вибуху; працює детектор вибуху; працює мультівібратор і генератор енергії; появляється іскра і "плазма". В свою чергу відсутність сигналу "контроль" свідчить про несправність і в

цьому випадку на виході вузла 27 формується сигнал "несправність". Формування додаткової дози здійснюється з допомогою ємності 29, підключеної до ємності 11 через клапан 30.

Суть роботи вузла ручної перевірки працездатності 31 зводиться до того, щоб з його допомогою по команді оператора була можливість в будь-який необхідний момент часу включити вузол автоматичної перевірки працездатності 27.

Крім вказаних вище вузлів перевірки працездатності в схемі, для контролю передбачені допоміжні елементи, до яких відносяться індикатор витрати аналізованого середовища 32, встановленого у вхідній лінії, та вимірювач тиску повітря живлення 33, встановленого в лінії повітря живлення.

При необхідності застосовувати ГВС, як багатоточковий, в схемі передбачено комутатор вхідних потоків, управління яким здійснюється командою Р_{т1} блока управління 16.

З метою оцінки похибки вимірювання, в тому числі впливу неінформативних параметрів на результат вимірювання, розроблена математична модель ГВС в цілому. В математичну модель входять моделі окремих вузлів ГВС, які були розглянуті в розділі 2, а також моделі вузла дозування збагачувального горючого газу та газодинамічного пристрою компенсації похибок, зумовлених зміною температури оточуючого середовища та барометричного тиску.

Вузол дозування реалізований на базі стабілізатора надлишкового тиску після себе та ємності з нормально відкритим і нормально закритим клапанами. Коефіцієнт необхідного збагачення аналізованого середовища визначається за формулою:

$$Z = \frac{P_{e1} - P_{e2}}{P_{atm}} \cdot \frac{T_{гк}}{T_{гe}} \cdot \frac{V_e}{V_k} \cdot \frac{100\%}{C_n \cdot (1.020 - 0.000799 \cdot t)} \quad (3)$$

де, Z - коефіцієнт збагачення аналізованого середовища; P_{e1}, P_{e2}, P_{atm} - відповідно абсолютний тиск в ємності до і після дозування горючого газу і навколишнього середовища; T_{гe}, T_{гк}, t - відповідно температура газу в ємності дозування, камері вибуху, навколишнього середовища; V_e, V_k - відповідно об'єм ємності дозування і камери вибуху; C_n - нижня концентраційна межа розповсюдження полум'я при температурі 25°C.

Значення похибок, зумовлених зміною температури оточуючого середовища та барометричного тиску з врахуванням того, що

Тгк * Тге для умов експлуатації - температура +5 + +50°С, атмосферний тиск 84 + 106.7кПа, будуть відповідно знаходитися в діапазонах: від -16.2% до +13.6% і від -20.6% до +5.0%.

Показано також, що для зменшення цих похибок, приблизно в десять разів необхідно використовувати пульсуючу емність та виконати її у вигляді теплообмінника. При цьому Тгк = Тге, а коефіцієнт збагачення буде визначатися за формулою:

$$Z = \frac{P_{e1}}{P_{atm}} \cdot \frac{T_{гк}}{T_{ге}} \cdot \frac{V_e}{V_k} \cdot \frac{100 \%}{C_n \cdot (1.020 - 0.000799 \cdot t)} \quad (4)$$

Для повної компенсації вищевказаних похибок розроблений газодинамічний пристрій компенсації похибок, реалізований на базі ламінарно - турбулентного подільника тиску. Міждросельний тиск подільника подається, як завдання стабілізатору тиску вузла дозування і змінюється при зміні температури навколишнього середовища та атмосферного тиску. Математична модель подільника, яка встановлює зв'язок зміни міждросельного тиску від зміни температури навколишнього середовища та атмосферного тиску має вид:

$$\left. \begin{aligned} & \frac{4 \cdot \pi \cdot \mu \cdot l_l}{m} \cdot \sqrt{1 + \frac{m \cdot d_l^4}{l_l^2} \cdot \frac{P_1^2 - P_2^2}{512 \cdot R_g \cdot T \cdot \mu^2} - 1} = \\ & = \epsilon \cdot f \cdot \sqrt{2 \cdot \rho_a \cdot (P_a - P_2)} \cdot \left(\frac{P_2}{P_a}\right)^{1/2\chi} \\ & \rho_a = \rho_H \cdot \frac{P_a \cdot T_H}{T \cdot P_H} \\ & \mu = \mu_H \cdot \frac{T_H + C_{e1}}{T + C_{e1}} \cdot \left(\frac{T}{T_H}\right)^{3/2} \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

де, P₁, P_a, P₂ - відповідно абсолютний тиск на вході, міждросельній камері і виході подільника; m - коефіцієнт кінцевих ефектів; l_l, d_l - відповідно довжина і діаметр прохідного каналу ламінарного дроселя; R_g - газова стала; μ - динамічна в'язкість при температурі T; ρ_a - густина газу в камері подільника; ε, f - відповідно коефіцієнт витрати повітря і площа прохідного січення турбулентного дроселя; χ - показник адиабати; ρ_H, μ_H - густина і динамічна в'язкість повітря при P_H = 101325Па і T_H = 273.15К; C_{e1} - постійна Сатерленда.

Розрахунок конструктивних розмірів дротів подільника виконувався на ПЕОМ.

Приведені результати випробувань давача вибуху (генератора енергії і камери вибуху з вогнегасниками) на вибухозахищеність та результати випробувань ГВС в цілому. Встановлено, в тому числі незалежними експериментальними дослідженнями ГВС, виконаними ІХФ АН СРСР і УкрЦСМ, що ГВС можуть використовуватися для контролю довибухонебезпечних концентрацій будь-яких горючих речовин.

Четвертий розділ присвячений розробці методики атестації ГВС, розробці метрологічного забезпечення досліджень, випробувань та атестації ГВС.

Показано, що для проведення досліджень, випуску із виробництва і атестації ГВС необхідно мати велику кількість, як по номенклатурі, так і по об'єму, повітряних газових сумішей. Для синтезу таких сумішей був розроблений і атестований в Держстандарті динамічний змішувач газів. Описана його принципова схема. Розроблена математична модель динамічного змішувача, на базі якої оцінені похибки приготування газової суміші. Приведені результати експериментального дослідження метрологічних характеристик і Державної метрологічної атестації динамічного змішувача газів, який дає можливість отримувати взірцеві газові суміші з точністю $\pm 0.03\%$ об.

За допомогою такого динамічного змішувача визначено метрологічні характеристики ГВС. Основні метрологічні характеристики ГВС приведені в таблиці.

	СВП-1	СВП-2
1. Кількість точок аналізу	одна	чотири
2. Номінальна точка спрацювання	20% НКГР	20% НКГР
3. Границя допустимої абсолютної похибки спрацювання	$\pm 10\%$ НКГР	$\pm 10\%$ НКГР
4. Границя абсолютної додаткової похибки спрацювання, зумовленої зміною барометричного тиску в границях 84 - 106.7кПа	$\pm 5\%$ НКГР	$\pm 2.5\%$ НКГР
5. Границя абсолютної додаткової похибки спрацювання, зумовленої зміною температури навколишнього середовища в границях 5-50 С	$\pm 5\%$ НКГР	$\pm 2.5\%$ НКГР
6. Витрата збагачувального горючого газу	0.5л/год.	0.4л/год.
7. Витрата повітря живлення	500л/год.	500л/год.
8. Напрацювання на відказ	10000год.	15000год.

Метрологічні характеристики розроблених газодинамічних вибухоініціюючих пристроїв контролю вибуховості атмосфери виробничих приміщень у відповідності із заключенням Головної організації даного виду продукції відповідають світовому технічному рівні.

ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

1. Розглянуті та проаналізовані основні методи і прилади контролю вибухонебезпечності атмосфери виробничих приміщень і їх метрологічне забезпечення. Показана необхідність в теоретичних і експериментальних дослідженнях вибухоініціюючого методу контролю вибухонебезпечності і розробки на його базі газодинамічних вибухоініціюючих пристроїв контролю вибухонебезпечності атмосфери виробничих приміщень.

2. Запропонований, розроблений та досліджений метод вимірювання довибухонебезпечних концентрацій горючих речовин в атмосфері виробничих приміщень – газодинамічний вибухоініціюючий метод контролю вибухонебезпечності атмосфери виробничих приміщень.

3. Розроблена методика проведення експериментів для дослідження процесу запалювання, яка дає можливість визначення 20% значення нижньої концентраційної границі розповсюдження полум'я, що нормується державним стандартом, в умовах, які відрізняються від стандартних.

4. Розроблені і досліджені різні варіанти конструкцій пневматичних генераторів енергії. Розроблена математична модель і проведена оптимізація пневматичного генератора енергії з використанням перетворення деформації стиску п'езокерамічних стовбців в заряд і накопичення заряду на високовольтному конденсаторі.

5. Проведені дослідження процесу запалювання при використанні іскри, як джерела вибухоініціюючого імпульсу. Запропонований і реалізований новий спосіб одержання стабільного джерела вибухоініціюючих імпульсів – джерело "плазмових" вибухоініціюючих імпульсів. Проведені дослідження процесу запалювання з використанням "плазмового" вибухоініціюючого імпульсу. Встановлено, що за допомогою такого джерела запалювання розширюється область застосування ГВС на будь-яку вибухонебезпечну речовину.

6. Виконані дослідження щодо вибору типу камери вибуху та

оптимізації її об'єму, в результаті чого для ГВС вибрана камера вибуху конічної форми об'ємом 50см^3 , діаметром нижньої основи 10мм, діаметром верхньої основи 45мм.

7. Запропоновані та розроблені нові схеми детектора вибуху, дозатора горючого газу, комутатора вхідних каналів, вузла автоматичної та ручної перевірки працездатності ГВС, вузла синхронізації і управління всіх елементів і вузлів ГВС. Вирішені задачі забезпечення інтенсивного перемішування газів в камері вибуху і компенсації додаткових похибок.

8. Розроблена конструкція, виготовлений давач вибуху з врахуванням вимог ВНДІВЕ (м.Донецьк) вибухозахищеності. Проведені всі види випробувань давача вибуху з позитивними результатами, в тому числі і випробування на вибухозахищеність у ВНДІВЕ.

9. Розроблена нова схема динамічного змішувача газів на дросельних елементах. Розроблені його математична модель і методика розрахунку, проведена оцінка метрологічних характеристик. Розроблено, виготовлено, досліджено і метрологічно атестовано в Держстандарті динамічний змішувач газів, який дає можливість отримання зразкових газових сумішей з точністю $\pm 0,03\%$ об. необхідних для відлагодження, випробування та метрологічної атестації ГВС.

10. Виконано конструкторську розробку одноточкового і чотириточкового ГВС. Виготовлено дослідні взірці і установочна серія таких ГВС. Встановлено, що розроблені ГВС можуть застосовуватися для аналізу вибуховості будь яких горючих речовин. Проведено всі види випробувань, в результаті яких отримано дозвіл на серійний випуск ГВС. Серійний випуск ГВС освоєно на Воронізьському ОКБА НПО "Хімавтоматика".

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ ДИСЕРТАЦІЇ ВІДОБРАЖЕНО В ПУБЛІКАЦІЯХ

1. Дубиль Р.Я. Пневматические генераторы искры для сигнализатора дозрывоопасных концентраций. - Тез. докл. XV Всесоюзн. Совещ. по пневмоавтоматике. Датчики и преобразователи / Львов, сентябрь 1985, - М., 1985, с.88-89.

2. Дубиль Р.Я. Результаты разработки и внедрения сигнализаторов дозрывоопасных концентраций искрового типа. Тез. докл. на XI Совещании специалистов стран-членов СЭВ по технике безопасности. Северодонецк, 1985, ИНТАБ-85, с.144-146.

3. А.с. 1602230 (СССР). Способ определения дозрывоопас-

ных горючих компонентов в исследуемой парогазовоздушной смеси и устройство его реализации. / Дубиль Р.Я. и др.

4. Водяник В.И., Дубиль Р.Я. и др. Пневматические искровые сигнализаторы дозрывоопасных концентраций. Сб., Автоматизация химических производств. - М.: НИИТЕХИМ, 1984, Вып.8, с. 16-21.

5. А.с.1434418 (СССР). Пневматический коммутатор газовых потоков. /Дубиль Р.Я., Колойденко А.Л.

6. Водяник В.И., Дубиль Р.Я. и др. Пневматические сигнализаторы дозрывоопасных концентраций. /Тез. докл. на Всесоюзной конференции, Одесса, 25 - 27 сентября 1984, ИГУ, УкрНИИТИ, 1984, с. 43-44.

7. Водяник В.И., Дубиль Р.Я. и др. Переносной сигнализатор дозрывоопасных концентраций. - Сб., Автоматизация химических производств. - М.: НИИТЕХИМ, 1987, Вып.5, с. 18-23.

8. А.с. 1509855 (СССР). Пневматический коммутатор газовых потоков. /Дубиль Р.Я., Колойденко А.Л.

9. А.с. 1832994 (СССР). Устройство для определения степени взрывоопасности анализируемого газа. /Дубиль Р.Я., Колойденко А.Л.

10. Дубиль Р.Я., Колойденко А.Л. Пневматический коммутатор газовых потоков. - Сб., Автоматизация химических производств. - М.: НИИТЕХИМ, 1988, Вып.8, с. 34-38.

11. А.с. 1649942 (СССР). Искровой сигнализатор взрывоопасности. /Дубиль Р.Я. и др.

12. А.с. 1832995 (СССР). Устройство для определения уровня взрывоопасности анализируемого газа. / Дубиль Р.Я., Колойденко А.Л., Кучерник В.А.

13. А.с. 1737478 (СССР). Пневматический искровой сигнализатор взрывоопасности. / Дубиль Р.Я. и др.

14. А.с. 1741120 (СССР). Пневматический коммутатор газовых потоков. / Дубиль Р.Я. и др.

15. А.с. 1803925 (СССР). Пневматический искровой сигнализатор взрывоопасности. / Дубиль Р.Я. и др.

16. А.с. 1520491 (СССР). Пневматический регулятор соотношения двух газовых потоков. / Дубиль Р.Я. и др.

Дубиль Р.Я. Газодинамические взрывоиницирующие устройства контроля взрывоопасности атмосферы производственных помещений.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.01 – приборы и методы измерения механических величин. IV "Львовская политехника", Львов, 1996.

В работе исследованы газодинамические взрывоиницирующие устройства контроля взрывоопасности атмосферы производственных помещений (ГВС), реализующие метод прямого испытания среды на взрываемость. Разработаны принципы построения ГВС и их математические модели. Разработана и оптимизирована конструкция ГВС. Решена задача метрологического обеспечения ГВС. Освоено серийное производство ГВС. Разрешено применение ГВС для контроля любых горючих веществ. Основные результаты работы изложены в 6 статьях, 10 авторских свидетельствах.

Dubil' R. The gas-dynamic explosion-initiator mechanisms for measure of atmosphere's explosion-danger at manufacturing rooms.

The dissertation is for taking a Candidate of Technics degree according to speciality 05.11.01 - The apparatuses and methods for measure the mechanical quantities. Lviv State Polytechnical University, 1996.

The gas-dynamic explosion-initiator mechanisms for control of atmosphere's explosion-danger at manufacturing rooms (GDM), that realizing a direct test method of medium's explosiveness, were researched in this dissertation. The GDM principles of constructin were laborated and GDM mathematic models were laborated too. The GDM construction was laborated and optimized. The problem of metrological GDM security was solved. The serial GDM manufacturing was mastering. The GDM use for control of any burning substances was permitted. The fundamental work results were exposition in 6 articles and 10 author's certificates.

Ключові слова: пристрій контролю вибухонебезпечності атмосфери виробничих приміщень, детектор вибуху, камера вибуху, "плазмове" запалювання, динамічний змішувач газів, газова суміш, математична модель, оптимізація.

Друк офсетний. Тираж 100 прим. Замовлення № 96/7-13
Друк ТзОВ «Простір М»

Львів - 96

438720

AB 35.473

AB 35.473