

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ
УКРАЇНИ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт з дисципліни

Теоретичні основи пожежовибухонебезпеки процесів та апаратів

для здобувачів вищої освіти за освітнім рівнем «бакалавр»
за спеціальністю 261 «Пожежна безпека»
за спеціалізацією «Аудит пожежної та техногенної безпеки»



Харків 2017

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Теоретичні основи пожежовибухонебезпеки процесів та апаратів» для здобувачів вищої освіти за освітнім рівнем «бакалавр» за спеціальністю 261 «Пожежна безпека», за спеціалізацією «Аудит пожежної та техногенної безпеки» / Укладачі: О.П. Михайлюк, Роянов О.М. - Харків: НУЦЗ України, 2017. – 47 с.

Навчальне видання

Кафедра пожежної і техногенної безпеки об'єктів та технологій

Відповідальна за випуск О.П.Михайлюк

План 2017-2018.

Підп. до друку	Формат	Папір друк. №
Друк офсетний. Умовн. друк. арк.		Облік видан. арк.
Вид. №	Тираж	прим. Зам. №
		Ціна договірна.

НУЦЗ України 61023 Харків, вул. Чернишевського, 94.

ЗМІСТ

Передмова	4
Лабораторна робота №1. Визначення вибухонебезпечної концентрації горючого пилу в апараті та розробка профілактичних заходів проти її утворення.	5
Лабораторна робота №2. Запобігання утворенню горючого середовища в апаратах при їх пуску та зупинці.	16
Лабораторна робота №3. Пожежна безпека аварійного розливу легкозаймистих та горючих рідин.	25
Лабораторна робота №4. Визначення режиму аварійного зливу легкозаймистих рідин.	30
Лабораторна робота №5. Пожежна безпека апаратів з відкритою поверхнею випаровування рідини	37

ПЕРЕДМОВА

Однією з найважливіших задач, які стоять сьогодні перед Україною, є забезпечення захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру. Актуальність проблеми забезпечення природно-техногенної безпеки обумовлена стійкими тенденціями росту втрат людей та збитків територіям, що причиняється небезпечними природними явищами (стихіями), промисловими аваріями і катастрофами. Основними причинами екологічно небезпечних аварій на виробництві продовжують залишатися грубі порушення вимог безпеки керівниками робіт, спеціалістами і персоналом, відступи від встановлених технологій та регламентів, конструктивні недоліки та несправність обладнання, машин, механізмів, невірні інженерні рішення, відсутність надійних систем попередження і локалізації аварій, пожеж, приладів контролю і засобів захисту та інші. Особливо небезпечними є виробництва за наявності великої кількості пожежовибухонебезпечних речовин і матеріалів, на яких виникнення навіть локальних пожеж або вибухів при несприятливому збігу обставин може призвести, завдяки ланцюговому розвитку, до катастрофічних масштабів.

В цих умовах важливою задачею є підвищення пожежної безпеки в країні, що характеризується відсутністю ризику виникнення і розвитку пожеж, а також станом захисту населення і територій від пожеж. Невід'ємною часткою пожежної безпеки є пожежна профілактика на промислових і сільськогосподарських об'єктах, а також підготовка висококваліфікованих фахівців пожежної безпеки для сфери цивільного захисту.

Дані методичні вказівки відповідають навчальній програмі курсу „Теоретичні основи пожежовибухонебезпеки процесів та апаратів» для підготовки фахівця освітнього рівня "бакалавр" за спеціальністю 261 «Пожежна безпека» за спеціалізацією «Аудит пожежної та техногенної безпеки» і призначені для курсантів, студентів, слухачів, що навчаються у вищих навчальних закладах, які готують фахівців з пожежної і техногенної безпеки.

Методичні вказівки відображають питання пожежної безпеки на основі системного підходу до оцінки вибухопожежонебезпеки технологічних процесів і апаратів та засвоєння принципів забезпечення їх пожежної безпеки.

Зміст методичних вказівок містить 5 окремих лабораторних робіт, в яких розглядаються основні теоретичні положення утворення горючого середовища в технологічному обладнанні та у виробничих приміщеннях, умови виникнення джерел запалювання та поширення полум'я з наступним обґрунтуванням і визначенням заходів пожежної профілактики.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1

ВИЗНАЧЕННЯ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНОЇ КОНЦЕНТРАЦІЇ ГОРЮЧОГО ПИЛУ В АПАРАТІ ТА РОЗРОБКА ПРОФІЛАКТИЧНИХ ЗАХОДІВ ПРОТИ ЇЇ УТВОРЕННЯ

МЕТА РОБОТИ:

1. Оволодіти методами експериментальних досліджень з визначення пожежовибухонебезпеки середовища усередині апаратів з горючим пилом.
2. Отримати навички аналізу, узагальнення та обробки отриманих експериментальних даних, а також досвіду роботи з лабораторним обладнанням при визначенні фактичної концентрації горючого пилу в закритих об'ємах; Засвоїти та відпрацювати методику практичного визначення фактичної концентрації горючого пилу усередині технологічного обладнання.
3. Виховувати у студентів і курсантів культуру мовлення, а також дотримання дисципліни на занятті.

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Для визначення ступеню пожежовибухонебезпеки будь-якого підприємства, цеху або окремих видів обладнання, пов'язаних з пилоутворенням, необхідно провести перевірку об'єкта та дослідити пожежонебезпечні властивості горючого пилу. Під час встановлення рівня пожежовибухонебезпеки об'єкта з наявністю горючого пилу необхідно:

- 1) оцінити рівень запилення виробничих приміщень, для чого визначити концентрацію горючого пилу у повітрі (за участю контрольної заводської лабораторії);
- 2) відібрати проби промислового пилу з різних ділянок технологічного процесу для лабораторного дослідження і визначити ступінь його небезпеки;
- 3) визначити пилоутворююче технологічне обладнання та оцінити ефективність існуючих знепилюючих пристроїв (загальних і місцевих систем аспірації).

За отриманими даними необхідно зробити висновок про рівень пожежовибухонебезпеки окремих ділянок виробництва або підприємства в цілому.

В залежності від фізико-хімічних властивостей пилу та зовнішніх умов горючий пил може знаходитись, як в осілому (аерогель), так і у завислому стані (аерозоль). Небезпека горючого пилу в осілому стані характеризується можливістю його горіння або тління і високою лінійною швидкістю поширення полум'я. Пил у завислому стані здатний утворювати вибухонебезпечні пилоповітряні суміші усередині технологічного обладнання та в об'ємі виробничих приміщень. Основним показником пожежовибухонебезпеки горючого пилу у завислому стані відповідно до [2] є нижня концентраційна межа поширення полум'я (НКМПП). Оскільки в реальних виробничих процесах концентрація горючого пилу в апаратах дуже рідко досягає значення верхньої

концентраційної межі поширення полум'я, оцінка можливості виникнення вибухонебезпечного середовища в апараті або у приміщенні виконується за умовою:

$$\varphi'_{\text{фак}} \geq \varphi'_{\text{н}}, \quad (1.1)$$

де $\varphi'_{\text{фак}}$ - фактична концентрація пилу в апараті, г/м^3 ; $\varphi'_{\text{н}}$ — НКМПП пилоповітряної суміші, г/м^3 .

НКМПП визначається з довідників, розрахунком або експериментально в лабораторних умовах.

При оцінці пожежовибухонебезпеки середовища усередині технологічного обладнання необхідно враховувати те, що НКМПП будь-якого виду горючого пилу не постійна і може змінюватись за умов технологічного процесу в залежності від зміни фізико-хімічних властивостей пилу (дисперсності, вологості, зольності тощо). Тому для більш точного визначення НКМПП горючого пилу, що обертається на конкретному виробництві, слід проводити відбір проб пилоповітряного середовища в об'ємі технологічного обладнання на різних стадіях процесу з подальшим експериментальним аналізом їх в лабораторних умовах.

Можливість переходу пилу з осілого у завислий стан визначає особливості виникнення і розвитку вибухів у технологічному обладнанні та на об'єкті в цілому. Виникнення первинного вибуху або хлопку усередині апарата призводить до здіймання осілого пилу в обладнанні та у виробничих приміщеннях. В результаті відбувається серія з двох, трьох або більше вибухів в об'ємі обладнання та приміщень, що призводить до загального потужного вибуху в об'ємі будівлі або на підприємстві в цілому і до тяжких руйнівних наслідків.

Тому основною метою вивчення пожежовибухонебезпеки технологічного обладнання з обертанням горючого пилу є встановлення фактичної концентрації горючого пилу на різних стадіях технологічного процесу, виявлення ступеню небезпеки окремих видів апаратів та розробка ефективних пожежно-профілактичних заходів щодо запобігання утворення горючого середовища у виді вибухонебезпечних пилоповітряних сумішей усередині апаратів та у виробничих приміщеннях підприємств.

Методи визначення фактичної концентрації пилу усередині обладнання

Розрахунковий метод

Фактична концентрація горючого пилу у виробничих приміщеннях та апаратах визначається експериментально за допомогою технічних засобів вимірювання або розрахунком. Розрахувати концентрацію пилу в закритому об'ємі обладнання можна за формулою:

$$\varphi'_{\text{фак}} = \frac{m}{V_{\text{в}}} \quad (1.2)$$

де m - маса горючого пилу в апараті, кг ;
 $V_{\text{в}}$ - внутрішній вільний об'єм апарата, м^3 .

Якщо апарат обладнаний місцевою системою аспірації, що забезпечує видалення частини пилу з його об'єму, загальну масу пилу в апараті необхідно зменшити на коефіцієнт ефективності системи аспірації α :

$$m = m_{\text{заг}} \cdot (1 - \alpha) \quad (1.3)$$

$$\alpha = m_{\text{асп}} / m_{\text{заг}} \quad (1.4)$$

де $m_{\text{заг}}$ - загальна маса пилу, що надходить до апарата за визначений час, кг;
 $m_{\text{асп}}$ - маса пилу, що видаляється з об'єму апарата системою аспірації за визначений час; кг

Загальну масу пилу, що знаходиться усередині апарата, визначають за формулою:

$$m_{\text{заг}} = m_{\text{зав}} + m_{\text{ос}}; \quad (1.5)$$

де $m_{\text{зав}}$ і $m_{\text{ос}}$ - маса завислого та осілого в об'ємі апарата горючого пилу відповідно;

$$m_{\text{ос}} = I_{\text{від}} \cdot \tau \cdot F \quad (1.6)$$

де $I_{\text{від}}$ - інтенсивність утворення відкладень пилу на внутрішніх поверхнях апарата, $\text{кг/с} \cdot \text{м}^2$;

τ - тривалість роботи апарата, с;

F - площа внутрішньої поверхні апарата, м^2 .

Однією з особливостей горючого пилу є можливість його легкого переходу з осілого до завислого стану, що створює небезпеку утворення усередині обладнання вибухонебезпечних пилоповітряних сумішей. У такому разі відносно до об'єму апарата зазначену масу можна виразити через концентрацію:

$$\varphi'_p = \varphi'_{\text{зав}} + \varphi'_{\text{ос}} \quad (1.7)$$

де φ'_p - можлива робоча концентрація горючого пилу в апараті, кг.

Концентрацію осілого усередині апарата пилу визначають за формулою:

$$\varphi'_{\text{ос}} = \frac{m_{\text{ос}}}{V_{\text{в}}} = \frac{I_{\text{від}} \cdot \tau \cdot F}{V_{\text{в}}} \quad (1.8)$$

Якщо відома товщина шару відкладеного на внутрішніх поверхнях обладнання горючого пилу, масу осілого в апараті пилу можна визначити за формулою:

$$m_{\text{ос}} = \delta \cdot \rho \cdot F \quad (1.9)$$

де δ - товщина шару горючого пилу, що відклався всередині апарата, м;

ρ - густина горючого пилу, $\text{кг} / \text{м}^3$.

Під час розрахунків фактичної концентрації горючого пилу усередині апарата, окрім можливості переходу осілого пилу до завислого стану, слід також

враховувати такі показники, як дисперсність пилу, здатність переходу його у завислий стан, наявність негорючих домішок у пилоповітряній суміші, періодичність та ефективність прибирання (видалення) відкладень пилу з технологічних апаратів. Врахування вищезазначених показників проводиться шляхом введення відповідних коефіцієнтів при визначенні загальної маси горючого пилу, який бере участь в утворенні вибухонебезпечної пилоповітряної суміші.

До таких коефіцієнтів відносяться:

1) K_{π} - коефіцієнт пиління. Визначає частку горючого пилу, що переходить у завислий стан при розрахунковій аварійній ситуації; приймається: при дисперсності пилу менше 350 мкм $K_{\pi} = 1$, при дисперсності пилу більше 350 мкм $K_{\pi} = 0,5$.

$$m_{ав} = (m_{ап} + q \cdot \tau) \cdot K_{\pi} \quad (1.10)$$

де $m_{ав}$ - маса пилу, що утворюється внаслідок аварійної ситуації, кг;

$m_{ап}$ - маса пилу, що знаходиться в апараті, кг;

q - продуктивність, з якою продовжується надходження горючого пилу до апарата, кг/с;

τ - час надходження пилу до апарата до моменту відключення засувки, с;

2) K_3 - коефіцієнт, що характеризує частку відкладеного в апараті пилу, який здатний перейти у завислий стан. За відсутності експериментальних даних допускається приймати $K_3 = 0,9$;

$$m_{зав} = m_{ос} \cdot K_3 \quad (1.11)$$

3) K_r - коефіцієнт, що характеризує частку горючого пилу у загальній масі осілого пилу. За відсутності експериментальних даних допускається приймати $K_r = 0,9$;

4) K_y - коефіцієнт ефективності пилоприбирання. Приймається: при ручному прибиранні: сухому $K_y = 0,6$, вологому $K_y = 0,7$; при механізованому вакуумному прибиранні пилу: підлога рівна $K_y = 0,9$, підлога з вибоїнами $K_y = 0,7$

Коефіцієнти K_r і K_y використовуються при визначенні маси осілого в обладнанні горючого пилу:

$$m_{ос} = I_{від} \cdot \tau \cdot F \cdot \frac{K_r}{K_y} = \delta \cdot \rho \cdot F \cdot \frac{K_r}{K_y} \quad (1.12)$$

Експериментальний метод

Основою експериментального методу визначення фактичної концентрації горючого пилу усередині апаратів є проведення контролю пилоповітряного

середовища за допомогою спеціальних засобів вимірювання. Такий контроль слід проводити у найбільш пилоутворюючих місць (в осередках пиління), до яких слід віднести: місця скидання продукту зі стрічкових транспортерів, течії на стрічки транспортерів, ваги, сепаратори, подрібнюючі машини, дозувальні машини, живильники тощо.

Для вимірювання концентрації пилу розроблено велику кількість засобів і приладів. Всі існуючі способи поділяють на автоматичні (безперервної дії) і ручні (періодичної дії).

Способи першої групи використовують для тривалого контролю пилових викидів. До засобів періодичної дії, у першу чергу, відносять збірники пилу. У більшості цих приладів процес вимірювання може бути розділений на три послідовних етапи: 1) відбір частини потоку через байпас; 2) виділення (осадження) пилу на відповідний носій; 3) вимірювання кількості пилу. Як правило, такі прилади потребують значного часу проведення вимірювань і не завжди задовольняють вимогам виробництва. Тому з досвіду обстежень виробничих приміщень виявлено необхідність обмежувати контроль пилоповітряного середовища коротким проміжком часу від 30 сек. до 1 — 1,5 хв. Тривале (до півгодини) просмоктування пилоповітряного середовища уточнює середнє значення концентрації, але разом з цим дає невірну уяву про вибухонебезпеку осередку пиління, бо за цей проміжок часу концентрація пилу може декілька раз змінитись, досягнувши при цьому вибухонебезпечної концентрації, а в середньому дати значення нижче НКМПП.

Відбір проб для дослідження промислового пилу може бути здійснений одним з наступних методів:

1) збиранням пилу з обладнання, підвіконників, віконних рам, де знаходяться значні відкладення осілого пилу;

2) осадженням пилу в осередку пиління на розгорнутий аркуш паперу;

3) безпосереднім засмоктуванням (аспірацією) із запиленого повітря завислого пилу у пилоосадник (циклончик або аллонж з фільтром) за допомогою вакуумнасосу, повітродувки, рідинного аспіратора. При цьому мінімальна маса проби, що відбирається для аналізу, повинна складати 200 — 250 г.

В автоматичних приладах для безпосереднього вимірювання концентрації пилу в аеродисперсіях пилоповітряне середовище засмоктується у вимірювальну камеру, де здійснюється вимірювання інтенсивності випромінювання, розсіяного частинками пилу, що залежить від їхньої концентрації. Але внаслідок додаткового впливу різних факторів — форми зерен, розмірів і властивостей частинок пилу — необхідне тарування приладів по відношенню до конкретного виду частинок.

З усіх методів безперервного вимірювання концентрації пилу найбільш широкого поширення набули фотоелектричні методи. Прилади, що засновані на цих методах, поділяються на дві групи:

— прилади, що передбачають відбір проб пилоповітряного середовища з подальшим автоматичним аналізом;

— прилади безпробного аналізу пилоповітряного середовища.

У приладах першої групи горючий пил, що засмоктується зондом, з

високою швидкістю видувається із сопла на поверхню паперу, що повільно рухається, а оптичні властивості пилової доріжки порівнюються з властивостями контрольної паперової стрічки. Кількість (концентрація) осілого пилу на фільтрованому папері, що безперервно рухається, визначається по ослабленню світла.

Для вимірювання концентрації пилу придатні також прилади, що підраховують кількість частинок. За відомої витрати газу концентрація пилу може бути виражена числом частинок в одиниці об'єму. Якщо додатково проаналізувати гранулометричний склад, а пил однорідний за щільністю, то можна зробити перерахунок на масу в одиниці об'єму.

Із способів другої групи у першу чергу слід назвати спосіб, що заснований на вимірюванні ослаблення світлового потоку, який поглинається частинками пилу і розсіюється на них. Такі прилади називають вимірювачами густини диму або густини пилу. Останнім часом у більшості застосовувались прилади з двохпроменевими вимірювальними схемами. Світловий потік джерела розділяється обтюратором на дві частини, що відповідно спрямовуються у вимірювальний канал, де знаходиться пилоповітряне середовище, і у порівняльний канал, заповнений знепиленним середовищем (або чистим повітрям). Промені, що пройшли крізь ці канали, потрапляють на фотоприймач, що здійснює вимірювання різниці їхніх інтенсивностей. Такі прилади, як правило, потребують емпіричного калібрування.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Опис лабораторної установки

Лабораторна установка включає в себе:

- 1) дослідну камеру (пилову камеру);
- 2) фотопиломір;
- 3) ваги лабораторні.

Пилова камера

Призначена для проведення лабораторних дослідів з моделювання пожежовибухонебезпечного середовища (вибухонебезпечної пилоповітряної суміші) у замкненому об'ємі та оцінки його небезпеки.

Основні елементи камери (рис.1.1): корпус, вентилятор, отвір для установки пиломіра.

Розміри камери $200 \times 300 \times 165$ мм, загальний об'єм $V \approx 600$ см³. Матеріал корпусу камери — плексиглаз. Живлення електродвигуна вентилятора здійснюється від джерела перемінного струму (220 В, 50 Гц).

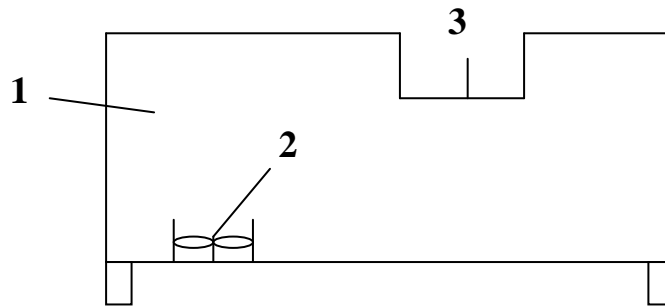


Рисунок 1.1- Схема дослідної камери: 1 – корпус; 2- вентилятор; 3 - отвір для установки пиломіра.

Фотопиломір Ф – 1

Представляє собою переносний прилад, що призначений для систематичного контролю запилення закритих об'ємів обладнання та виробничих приміщень з метою запобігання утворення вибухонебезпечних пилоповітряних сумішей.

Технічна характеристика

Межі вимірювань: – від 0 до 15 г/м ³ з точністю $\pm 0,5$ г/м ³ – від 0 до 1,5 г/м ³ з точністю $\pm 0,05$ г/м ³	
Число рисок шкали	30
Тривалість одного вимірювання, хв	1
Число замірів без заміни джерела живлення	600
Габарити приладу, мм	195 × 140 × 75
Вага приладу, кг	2

Фотопиломір працює за принципом вимірювання величини ослаблення світлового потоку, що проходить крізь шар запиленого повітря (середовища).

Прилад складається з:

- верхньої частини (корпусу) з вмонтованими в неї мікроамперметром, джерелом живлення, комутаційними вузлами і вузлами, що регулюють;
- камери фотодатчика;
- пилової камери із дзеркалом відбиття.

Джерелом освітлення є мініатюрна лампа МН–1; приймачем — напівпровідниковий фотоопір ФС–К1, що ввімкнений в одне з плеч одинарного моста постійного струму. В діагональ моста ввімкнений мікроамперметр типу М592 на 50 мка зі шкалою, відградуєваною в грамах на 1 м³ повітря.

На приладі передбачено перемикач для ввімкнення приладу на одну з відповідних меж вимірювання (1,5 г/м³ і 15 г/м³).

При вмиканні приладу на межу 0 – 15 г/м³ паралельно мікроамперметру вмикається опір, що шунтує.

З метою підвищення чутливості приладу у ньому застосовується подвійний хід світлового променя, для чого у пиловій камері встановлено дзеркало відбиття.

Джерела живлення розташовані у верхній частині приладу. Для живлення ланцюгу моста використовують напівпровідниковий перетворювач (60 В), для живлення накалу використовують два сухих елементи типу 1КС-У-3, що ввімкнені послідовно.

Контроль напруги батареї, що живить ланцюг моста, здійснюється мікроамперметром, який за допомогою кнопки вмикається паралельно мосту через додатковий опір.

Запилення захисного і матового скла приладу у процесі його роботи компенсується збільшенням світлового потоку, що виконується за допомогою введення опору регулятора нахилу у ланцюг лампи освітлювача.

Перед проведенням вимірювань прилад повинен бути відкалібрований по еталону запилення таким чином, щоб показання мікроамперметра відповідали еталону.

Прилад має вибухоіскробезпечне виконання РВІ-1,1, може застосовуватись при температурі навколишнього середовища від 0 до 40 °С і відносній вологості повітря до 90 %.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1. Вивчити методи визначення пожежовибухонебезпеки апаратів з горючим пилом.
2. Ознайомитись з обладнанням лабораторної установки, вивчити принцип роботи фотопиломіра і порядок роботи з ним.
3. Провести виміри геометричних розмірів пилової камери та розрахувати її вільний об'єм.
4. За завданням викладача визначити НКМПП горючого пилу (за довідником).
5. Визначити масу наважки зразку пилу (з точністю до 0,1 г), що виданий викладачем для проведення досліду та розташувати зразок пилу у ємності дослідної камери.
6. Провести розрахунок можливої максимальної концентрації пилу в пиловій камері за формулою (1.1).
7. Встановити можливу розрахункову вибухонебезпечну концентрацію середовища у пиловій камері.
8. Провести підготовку лабораторної установки до проведення досліду.
9. Перевірити правильність настройки фотопиломіра.
10. Ввімкнути вентилятор дослідної камери і після встановлення стаціонарного режиму провести виміри фактичної концентрації пилу не менше трьох разів.
11. Занести результати вимірів до лабораторного журналу.
12. Визначити фактичну концентрацію горючого пилу у дослідній камері за результатами вимірів, як математичне очікування трьох результатів вимірювань.

$$\varphi'_p = \frac{\sum_{i=1}^n \varphi_i}{n}, \text{ г/м}^3 \quad (1.13)$$

13. Визначити масу пилу, яка фактично знаходилась у завислому стані:

$$m_{зав} = V_v \cdot \varphi'_p \quad (1.14)$$

14. Розрахувати фактичну частку відкладень пилу у камері, яка перейшла у завислий стан при проведення дослідів:

$$K_3 = \frac{m_{зав}}{m_{заг}} \quad (1.15)$$

15. Результати вимірів занести до лабораторного журналу.

16. Оцінити рівень пожежовибухонебезпеки експлуатації технологічного апарата з наявністю горючого пилу (за завданням викладача). За результатами розв'язання задачі розробити пожежно-профілактичні заходи щодо забезпечення пожежовибухонебезпеки середовища під час експлуатації апаратів з горючим пилом. За результатами лабораторної роботи зробити висновок.

17. Результати лабораторної роботи записати до лабораторного журналу.

РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

У процесі подрібнення горючого кускового матеріалу виділяється пил, що видаляється з внутрішнього простору дробарок місцевими відсмоктувачами.

1. Зробити висновок про можливість утворення вибухонебезпечної пилоповітряної суміші в об'ємі колектора магістрального повітропроводу системи аспірації за умов аварійного режиму роботи (з урахуванням наявності завислого пилу). *За аварійний режим роботи прийняти завихрення горючого пилу, що осів на внутрішніх поверхнях колектора, і перехід його з осілого до завислого стану.*

2. Визначити тривалість безпечної експлуатації системи аспірації з урахуванням наявності завислого пилу.

Вихідні дані для розрахунку:

1. Товщина шару пилу на внутрішніх поверхнях колектора $\delta = 0,5$ мм, площа внутрішньої поверхні колектора $F = V_k \times 2$, насипна густина пилу $\rho = 350$ кг/м³, φ_n прийняти за табл. 1.6 [3], $\varphi_{зав} = 10 \% \times \varphi_n$, частка горючого пилу в загальній масі пиловідкладень $K_r = 0,9$, коефіцієнт ефективності пилоприбирання обладнання $K_y = 0,6$, частка горючого пилу, здатного перейти у завислий стан $K_3 = 0,9$, коефіцієнт безпеки $K_{б.н.} = 2$.

2. $\varphi_{зав} = 10 \% \times \varphi_n$, коефіцієнт безпеки $K_{б.н.} = 2$, об'єм колектора V_k , інтенсивність утворення відкладень пилу $I_{від}$, та φ_n прийняти за варіантом по таблиці 1.6 [4].

Методика розв'язання задач

1 частина

1. Визначити масу горючого пилу, що знаходиться в осілому стані в об'ємі колектора.
2. Визначити масу осілого в об'ємі колектора горючого пилу, що здатний перейти у завислий стан при аварійній ситуації.
3. Визначити концентрацію пилу усередині колектора при аварійній ситуації:
4. Перевірити можливість утворення вибухонебезпечної концентрації в об'ємі апарата за умов вибухобезпеки.

2 частина

1. Визначити концентрацію завислого в об'ємі колектора пилу (за варіантом).
2. Визначити безпечну робочу концентрацію горючого пилу усередині колектора за умов вибухобезпеки.
3. Визначити тривалість безпечної роботи системи аспірації за умов вибухобезпеки шляхом одночасного розв'язання рівнянь (1.26, 1.27) [3]:

ОФОРМЛЕННЯ ТА ЗАХИСТ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

Звіт з лабораторної роботи містить в собі:

1. Оформлення згідно умов отримання результатів виконаних лабораторних дослідів з висновками.
2. Розв'язання практичного завдання (розв'язання задачі) з наступною розробкою пожежно-профілактичних заходів (варіант завдання видає викладач).

Захист лабораторної роботи відбувається шляхом індивідуальної співбесіди студентів та курсантів з викладачем за результатами виконаних лабораторних дослідів та практичних розрахунків, а також за матеріалом вивчаємої теми.

Підсумкова оцінка за лабораторну роботу виставляється у разі:

1. Складання і захисту оформленого у відповідності із завданням звіту з лабораторної роботи.
2. Надання усної або письмової відповіді на запитання викладача за виконаним завданням, а також за матеріалом теми.

У випадку невиконання лабораторної роботи або окремого її етапу у встановлений час, а також у разі неможливості захисту роботи на занятті, відпрацювання і захист лабораторної роботи проводиться під час консультацій або в інший час, встановлений викладачем, закріпленим за навчальною групою.

При оцінці знань курсантів та студентів враховувати вміння самостійно працювати з лабораторним обладнанням, якість проведення дослідів і обробки результатів вимірювань, повноту і правильність проведених розрахунків і відповідей на теоретичні запитання, обґрунтованість зроблених у роботі висновків, ефективність розроблених пожежно-профілактичних заходів, рівень самостійності та творчого мислення під час виконання роботи, вміння використання знань, отриманих на інших дисциплінах та під час самостійної роботи.

Техніка безпеки при роботі з лабораторним обладнанням

1. Всі роботи з приладами проводити лише під керівництвом викладача та за його присутності.
2. Забороняється доторкатись до струмоведучих частин пилової камери.
3. Забороняється безпосередньо вмикати фотопиломір у силову мережу з напругою 220 В.
4. Забороняється користуватись відкритим вогнем поблизу пилової камери, як під час проведення дослідів, так і під час їх закінчення.
5. Після проведення дослідів видалити горючий пил з пилової камери.

Література

1. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник в 2-х томах /А.Н. Баратов и др.
2. ГОСТ 12.1.044 - 89. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения.
3. Михайлюк О.П., Олійник В.В., Мозговий Г.О. Теоретичні основи пожежної профілактики технологічних процесів та апаратів: Підручник. - Харків: ХНАДУ. 2014.- 380 с.
4. Михайлюк О.П., Олійник В.В., Сирих В.М. Теоретичні основи пожежної профілактики технологічних процесів та апаратів: Практикум. - Х.: НУЦЗУ, ФОП Панов А.М., 2016.-198 с.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2

ЗАПОБІГАННЯ УТВОРЕННЮ ГОРЮЧОГО СЕРЕДОВИЩА В АПАРАТАХ ПРИ ЇХ ПУСКУ ТА ЗУПИНЦІ

МЕТА РОБОТИ

1. Закріпити теоретичні знання з оцінки пожежовибухонебезпеки апаратів з горючими газами та рідинами.
2. Відпрацювати методику розрахункового визначення концентраційних меж поширення полум'я для горючих газів і рідин, методику розрахункового визначення фактичної концентрації газів і рідин в об'ємі апарата та необхідного часу вентилявання апаратів при їх підготовці до ремонтних робіт.
3. Засвоїти та відпрацювати методику практичного визначення фактичної концентрації пари горючої рідини з використанням термохімічних газоаналізаторів-експлозиметрів і необхідного часу вентилявання простору технологічних апаратів під час підготовки їх до ремонту.
4. Засвоїти вимоги до розробки пожежно-профілактичних заходів на виробництвах з наявністю горючих газів і рідин.

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА РОБОТИ

Пожежі та вибухи на технологічних установках часто виникають під час очистки і підготовки апаратів та установок до ремонту, а також у ході виконання ремонтних робіт. При відкриванні апаратів створюються умови для вільного контактування горючих речовин, що знаходяться в них, з киснем повітря, в результаті чого утворюється горюче середовище. Джерелами запалювання при проведенні зварювальних, різальних та інших вогневих робіт можуть стати полум'я пальників та розплавлений метал.

Тому основною вимогою норм і правил пожежної безпеки перед проведенням ремонтних вогневих робіт на технологічному обладнанні з горючими речовинами і матеріалами є доведення технологічних апаратів до пожежовибухобезпечного стану: технологічні лінії від'єднуються від діючого обладнання за допомогою засувок і заглушок; апарати та трубопроводи звільнюються від сировини і продуктів; проводиться розгерметизація обладнання шляхом відкривання всіх люків і лазів; апарати очищають від бруду і залишків продукту, пропарюють, промивають, провітрюють та охолоджують до температури навколишнього середовища.

Якщо за умов технологічного процесу повне очищення апаратів вимагає значних матеріальних затрат і витрати часу, допускається проведення ремонтних робіт на технологічному обладнанні, яке не повністю звільнене від продукту, але при цьому повинні бути створені такі умови, за яких не відбудеться загоряння продукту.

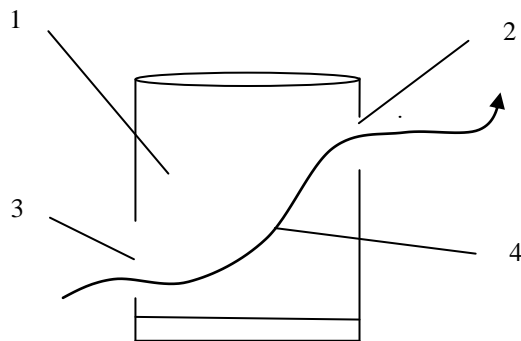
Для зменшення концентрації горючих парів і газів у технологічному

обладнанні до безпечних меж застосовують наступні методи:

1. Використання природної вентиляції;
2. Використання примусової вентиляції;
3. Пропарювання апаратів;
4. Промивання апаратів водою або негорючими миючими розчинами;
5. Флегматизація середовища апаратів інертними газами чи водяною парою;
6. Заповнення вільного простору апаратів піною.

1. Використання природної вентиляції.

Цей метод є найбільш дешевим з перелічених методів. При розкритті люків у нижній і верхній частинах апаратів виникають значні конвективні потоки, що сприяють досить швидкому зменшенню концентрації парів і газів. Принципова схема провітрювання показана на рис.2.1.



- 1-технологічний апарат;
- 2-світловий люк;
- 3-люк-лаз;
- 4-рух потоків повітря.

Рисунок 2.1 - Схема природної вентиляції (аерації) апарата.

Витрата суміші, що видаляється з апарата, залежить від схеми аерації, площі відкритих отворів та перепаду тиску у вентиляційних отворах.

Для прискорення процесу видалення горючих парів і газів з обладнання використовують примусову вентиляцію.

2. Використання примусової вентиляції

Процес вентиляції технологічного апарата описується диференціальним рівнянням матеріального балансу:

$$Vd\varphi + q\varphi dt - q\varphi_n dt = \frac{W_{\text{вип}} S_{\text{вип}}}{\rho_3} dt \quad (2.1)$$

- де V - об'єм апарата, м^3 ;
- q - витрата повітря, $\text{м}^3 \text{с}^{-1}$;
- φ, φ_n - концентрація парів рідини в газовому просторі апарата та в повітрі, об.ч.;
- W - інтенсивність випаровування, $\text{кг м}^{-2} \text{с}^{-1}$;
- S - площа поверхні випаровування, м^2 ;

ρ_p – густина рідини, кг м^{-3} ;
 τ – тривалість вентиляції, с.

Для технологічних апаратів з горючими газами чи парами горючих рідин рівняння (2.1) приймає вид:

$$Vd\varphi + q\varphi d\tau = 0 \quad (2.2)$$

Після розв'язання рівняння (2.2) відносно τ (при зміні φ від φ_0 до $\varphi_{p.без.}$), визначаємо тривалість процесу вентиляції за формулою:

$$\tau_{вент} = \frac{V}{q\theta} \ln \frac{\varphi_0}{\varphi_{p.без.}} \quad (2.3)$$

де φ_0 – початкова концентрація горючого газу або пари, об.ч.;

$\varphi_{p.без.}$ – гранично припустима концентрація горючого газу чи пари у газовому просторі апарата, за якою гарантується безпека під час проведення вогневих робіт, об.ч.;

θ – коефіцієнт, який враховує нерівномірність розподілу газу чи пари в робочому об'ємі.

$$\theta = 0,54 \left(\frac{q}{V} \right)^{0,132} \quad (2.4)$$

Під час примусового вентилявання апаратів з горючими рідинами, зниження концентрації парів відбувається в декілька етапів. Спочатку відбувається видалення насичених парів, при цьому їх концентрація інтенсивно знижується від первинного значення до концентрації, яка залежить від умов вентиляції. Потім відбувається видалення парів, що утворилися безпосередньо в період вентиляції. При цьому маса рідкої фази знижується, а концентрація парів у газовому просторі залишається незмінною. Після того, як відбулося повне випаровування залишку рідини, починається остаточне видалення парів із газового простору апарата. При цьому концентрація парів швидко падає до заданих безпечних значень.

Початкова концентрація насичених парів в обладнанні визначається, як

$$\varphi_s = P_s / P_{зар} \quad (2.5)$$

де P_s - тиск насичених парів рідини за даних умов, кПа;

$P_{зар}$ - загальний тиск пароповітряної суміші, кПа;

Тиск насичених парів рідини за даних умов визначається з рівняння Антуана:

$$P_s = 10^3 \cdot 10^{\left(A - \frac{B}{C_a + t_p} \right)} \quad (2.6)$$

де A, B, Ca – константи рівняння Антуана для рідин;
 t_p – температура рідини за даних умов, °C.

Індивідуальні горючі рідини, властивості яких не змінюються, видаляються з апаратів, проходячи всі розглянуті етапи.

Тривалість кожного етапу вентиляювання визначається за формулою:

для першого етапу:

$$\tau_1 = \frac{V}{q} \ln \frac{W_1 - q\varphi_0}{W_1 - q\varphi_2} \quad (2.7)$$

для другого етапу:

$$\tau_2 = \frac{G_0}{q\varphi_2} = \frac{G_0}{W_2 - S_{\text{вип}}} \quad (2.8)$$

де $\varphi_0 = \varphi_s$, $\varphi_2 = \varphi_s / 2$ (концентрація на початку другого етапу)

Тривалість третього етапу вентиляювання визначається за формулою (2.3).

Концентрація парів на кожному етапі провітрювання визначається наступним чином:

для першого етапу:

$$\varphi_1 = \frac{W_1 \cdot S_{\text{вип}}}{\rho_p q} - \left(\frac{W_1 \cdot S_{\text{вип}}}{\rho_p q} - \varphi_0 \right) \exp\left(-\frac{q}{V} \tau_1\right) \quad (2.9)$$

для другого етапу:

$$\varphi_2 = \frac{W_2 \cdot S_{\text{вип}}}{\rho_p q} \quad (2.10)$$

для третього етапу:

$$\varphi_3 = \varphi_0 \exp\left(-\frac{q}{V} \tau_3\right) \quad (2.11)$$

де індекси означають початкові умови (0) або період проведення вентиляції (1,2,3).

Інтенсивність випаровування рідини можна визначити за формулою:

$$W_{\text{вип}} = 10^{-6} \eta \sqrt{M} P_s \quad (2.12)$$

де M - молярна маса рідини, кг кмоль⁻¹;
 η - коефіцієнт, що враховує вплив температури та швидкість потоків повітря на випаровування рідини.

Під час випаровування складних горючих рідин, наприклад нафти або бензину, відбувається поетапне випаровування усіх компонентів, починаючи з найбільш легкокиплячого.

Концентрація парів і тривалість першого та третього етапів продувки визначається як і у випадку з рідинами індивідуального хімічного складу. На другому етапі вентилявання, на відміну від випадку з рідинами індивідуального хімічного складу, відбувається безперервна зміна концентрації парів.

Інтенсивність випаровування багатокомпонентних рідин за будь-який час визначається за формулою:

$$W_2 = W_{\text{поч}} \exp(-a\tau) \quad (2.13)$$

де $W_{\text{поч}}$ - інтенсивність випаровування вихідної рідини, кг м⁻² с⁻¹;
 a - коефіцієнт, що залежить від властивостей рідини, с⁻¹.

Тоді тривалість другого етапу вентилявання визначається за формулою:

$$\tau_2 = \frac{1}{a} \ln \frac{W_{\text{поч}} S_{\text{вип}}}{\varphi_2 (\rho_p q - G_0 a)} \quad (2.14)$$

Концентрація парів рідини у будь-який момент часу другого етапу провітрювання апарата може бути визначена:

$$\varphi_2 = \frac{W_{\text{поч}} \cdot S_{\text{вип}}}{\rho_p q - aV} \exp(-a\tau) \quad (2.15)$$

При проведенні практичних розрахунків терміну вентилявання обладнання з залишками горючих рідин, для спрощення розрахунків, допустимо використовувати наступну формулу:

$$\tau_{\text{вент}} = n \frac{V}{q} \ln \frac{\varphi_0}{\varphi_{\text{р.без}}} \quad (2.16)$$

де n - коефіцієнт, який залежить від леткості та кількості рідини.
 Приймається в межах від 3 до 10.

3. Пропарювання апаратів

Вентилюванням повітрям при температурі навколишнього середовища можна видалити тільки легкі залишки рідини з температурою википання не вище 300 °С. Для очищення обладнання з високою температурою кипіння застосовують пропарювання. На відміну від вентиляції повітрям пропарювання є більш складним процесом. Апарати нагріваються до температури, за якої починають випаровуватись важкі залишки продукту.

Температура пропарювання звично приймається 80-90 °С. Витрату пари, яка необхідна для підтримки такої температури у газовому просторі апарата, можна розрахувати, виходячи з рівняння теплового балансу, що має вид:

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 + Q_4 \quad (2.17)$$

де Q_1 - тепломісткість пари, кДж кг⁻¹;
 Q_2 - теплота, яка витрачається на випаровування рідини за температури T , кДж кг⁻¹;
 Q_3 - теплові втрати через стінку, днище і покрівлю, кДж кг⁻¹;
 Q_4 - тепло, яке йде на попереднє нагрівання залишків рідини, газового простору і корпусу апарата до температури пропарювання, кДж кг⁻¹.

4. Флегматизація середовища апаратів інертними газами або водяною парою

Замість повного очищення апарата від горючих залишків можна застосовувати флегматизацію пароповітряного середовища апарата будь-яким інертним газом чи водяною парою. В результаті введення інертного газу вміст кисню в газовому просторі апарата знижується до максимально допустимої концентрації у залежності від виду інертного розріджувача.

Диференціальне рівняння матеріального балансу по газу флегматизатора має вид:

$$Vd\varphi = q\varphi d\tau - q\varphi_n d\tau \quad (2.18)$$

Тривалість кожного етапу визначається за формулою:

$$\tau_{\text{вент}} = \frac{V}{q} \ln \frac{1}{1 - \varphi_{\text{флегм}}} \quad (2.19)$$

де $\varphi_{\text{флегм}}$ - мінімальна флегматизуюча концентрація газу флегматизатора, об.ч.

5. Заповнення апаратів піною

Для забезпечення пожежної безпеки резервуарів під час ремонту

застосовують метод заповнення їх повітряно-механічною піною середньої або високої кратності. Захисна дія повітряно-механічної піни полягає у витисненні парів горючої рідини та обмеженні надходження повітря до заповненого піною простору. Окрім того, шар піни на поверхні горючої рідини зменшує або повністю припиняє надходження парів з поверхні до повітряного простору апарата. Цей метод особливо ефективний, якщо резервуари мають горючі відкладення на стінках і коли час проведення очисних робіт обмежений.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Опис лабораторної установки та обладнання

Лабораторна установка містить в собі:

- 1- Повітродувку для подачі повітря;
- 2- Ротамер для регулювання контролю витрати повітря;
- 3- Моделі робочих апаратів з отворами для вентилявання;
- 4- Портативний термохімічний газоаналізатор ЕТХ-1;
- 5- Шланги для з'єднання приладів;
- 6- Мірну мензурку.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1. Вивчити методи оцінки пожежовибухонебезпеки апаратів з горючими рідинами.
2. Ознайомитись з лабораторною установкою.
3. Провести виміри геометричних розмірів моделі робочого апарата (Н, D) та вільного об'єму апарата (V_в).
4. Визначити за довідником фізико-хімічні та пожежовибухонебезпечні властивості (молярну масу, густину, концентраційні та температурні межі поширення полум'я, константи Антуана) горючої рідини (ацетон, уайт-спірит, етанол).
5. Розрахувати нижню допустиму концентрацію парів горючої рідини, за якою проведення ремонтних вогневих робіт є безпечним.
6. Розрахувати тиск насиченої пари та фактичну концентрацію пари рідини за даних умов.
7. Ввімкнути установку і за ротамером визначити витрату повітря для продувки внутрішнього простору моделі апарата.
8. Розрахувати швидкість випаровування рідини.
9. Визначити масу горючої рідини, за якою концентрація пари в апараті досягне значень φ_H , φ_B , φ_S .
10. Зробити висновок про можливість утворення в апараті вибухонебезпечної концентрації парів рідини.
11. Розрахувати тривалість утворення в апараті концентрації парів рідини, що дорівнює φ_H , φ_B , φ_S .

12. Визначити тривалість кожного з етапів вентиляювання та загальний час вентиляювання апарата, а також загальну тривалість випаровування, як суму тривалості кожного з етапів випаровування.
13. Визначити значення коефіцієнта n у формулі (2.16).
14. Залити в модель апарата відповідну кількість рідини.
15. Ввімкнути одночасно з секундоміром вентилятор повітродувки.
16. Провести вентиляювання внутрішнього простору моделі апарата протягом розрахункового терміну вентиляювання.
17. Після завершення вентиляювання вимкнути вентилятор повітродувки.
18. Зробити послідовно три заміри фактичної концентрації парів рідини в апараті, для чого провести наступні операції: встановити забірну трубку газоаналізатора ЕТХ-1 в отвір моделі апарата (перший раз у верхню частину, другий – у середню, третій – у нижню частину моделі апарата).
19. Зробити 4-6 натиснень на всмоктувальну грушу газоаналізатора.
20. Натиснути на клавішу газоаналізатора, відмітити максимальне відхилення стрілки приладу та записати результат до лабораторного журналу.
21. Розрахувати фактичну концентрацію пароповітряної суміші в апараті за формулою:

$$\varphi_p = N \frac{\varphi_{н.реч.}}{\varphi_{н.СН_4}}, \% \text{ НКМПП} \quad (2.20)$$

22. Провести порівняння фактичної концентрації парів горючої рідини після вентиляювання з розрахунковою безпечною концентрацією.
23. Зробити висновки щодо рівня вибухопожежонебезпеки пароповітряної суміші та достатності часу продувки (вентилювання) апарата.

ОФОРМЛЕННЯ ТА ЗАХИСТ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

Звіт з лабораторної роботи містить у собі:

1. Оформлення роботи за отриманими результатами виконаних лабораторних дослідів з висновками.
2. Захист лабораторної роботи відбувається шляхом індивідуальної співбесіди курсантів і студентів з викладачами за результатами виконаних лабораторних дослідів та практичних розрахунків, а також за матеріалом вивчаємої теми.

Підсумкова оцінка за лабораторну роботу виставляється у разі:

1. Складання і захисту оформленого згідно завдання звіту з лабораторної роботи.
2. Надання усної або письмової відповіді на запитання викладача за виконаним завданням, а також за матеріалом вивчаємої теми.

У випадку невиконання лабораторної роботи або окремого її етапу у встановлений термін, а також у разі неможливості захисту роботи на занятті, відпрацювання і захист лабораторної роботи проводиться під час консультацій

або в інший час, встановлений викладачем, закріпленим за навчальною групою.

Під час оцінки знань враховуються вміння курсантів і студентів самостійно працювати з лабораторним обладнанням, якість проведення дослідів і обробки результатів вимірювань, повнота і правильність проведених розрахунків і відповідей на теоретичні питання, обґрунтованість зроблених у роботі висновків, ефективність розроблених пожежно-профілактичних заходів, рівень самостійності і творчого мислення під час виконання роботи, уміння використовувати знання з інших дисциплін.

Техніка безпеки при роботі з лабораторним обладнанням

1. Всі роботи з приладами проводити лише під керівництвом викладача за його присутності.
2. Забороняється доторкатись до струмоведучих частин обладнання.
3. Забороняється користуватись відкритим вогнем поблизу моделі технологічного обладнання, як під час проведення дослідів, так і під час їх закінчення.
4. Після проведення дослідів видалити горючу речовину з моделі технологічного апарата.

Література

1. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник в 2-х томах /А.Н. Баратов и др.
2. ГОСТ 12.1.044 – 89. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения.
3. Михайлюк О.П., Олійник В.В., Мозговий Г.О. Теоретичні основи пожежної профілактики технологічних процесів та апаратів: Підручник. - Харків: ХНАДУ. 2014.- 380 с.
4. Михайлюк О.П., Олійник В.В., Сирих В.М. Теоретичні основи пожежної профілактики технологічних процесів та апаратів: Практикум. - Х.: НУЦЗУ, ФОП Панов А.М., 2016.-198 с.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

ПОЖЕЖНА НЕБЕЗПЕКА АВАРІЙНОГО РОЗЛИВУ ЛЕГКОЗАЙМИСТИХ І ГОРЮЧИХ РІДИН

МЕТА РОБОТИ

1. Закріпити отримані теоретичні знання.
2. Засвоїти методику експериментального визначення параметрів, що характеризують розтікання горючих рідин по поверхні твердих тіл.
3. Отримати навички засвоєння методики проведення лабораторних дослідів щодо розтікання легкозаймистих і горючих рідин.

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА РОБОТИ

Однією з особливостей сучасного виробництва є широке застосування пожежовибухонебезпечних рідин, які поділяються на легкозаймисті (ЛЗР) та горючі (ГР).

ЛЗР – легкозаймисті рідини, що здатні самостійно горіти після видалення джерела запалювання і, які мають температуру спалаху не вище 61°C (в закритому тиглі) або 66°C (у відкритому тиглі).

ГР – горючі рідини, що здатні горіти після видалення джерела запалювання і, які мають температуру спалаху вище 61°C (в закритому тиглі) або 66°C (у відкритому тиглі).

До ЛЗР та ГР відносяться нафта, бензини, гас, дизельне паливо, розчинники, спирти, ефіри, змащувальні мастила та інші органічні сполуки. Номенклатура їх та масштаби застосування настільки широкі, що навіть важко назвати галузь промисловості, транспорту, побуту, де б не застосовувалися ці речовини. Особливо у великих кількостях ЛЗР та ГР обертаються в нафтопереробній галузі промисловості, на транспорті.

Наявність ЛЗР та ГР на виробництві обумовлює його підвищену пожежовибухонебезпеку. Особливо великою є вона за умов виникнення аварій, що супроводжуються розливом небезпечних рідин на великі площі. При аварійному розливі ЛЗР та ГР утворюється велика поверхня випаровування, з якої пари поступають до повітря і можуть утворювати у виробничих, житлових та побутових приміщеннях або на відкритих майданчиках вибухопожежонебезпечні концентрації. Це в свою чергу (за умов наявності джерела запалювання) призводить до вибуху з наступною пожежею, яка швидко буде поширюватися по дзеркалу розливої рідини і прийме великі масштаби.

Слід відзначити, що знання площі випаровування розливої рідини за умов аварії є необхідною умовою при визначенні категорії приміщень, будинків і зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною безпекою. Але на жаль, в довідниках з пожежної безпеки речовин і матеріалів дані про розтікання рідин відсутні. Тому при визначенні категорії приміщень за вибухопожежною та пожежною безпекою керуються прийнятими наступними наближеними рекомендаціями: площа випаровування, за умов вільного розливу рідини на підлозі приміщення, буде дорівнювати площі, яка визначається (за відсутності

довідкових або експериментальних даних), виходячи з розрахунку, що 1 л сумішей або розчинів, що містять 70 % і менше (за масою) розчинників, розливається на 0,5 м², а в інших випадках на 1 м² підлоги приміщення. При визначенні категорії зовнішньої установки за вибухопожежною та пожежною небезпекою приймають наступне: площа випаровування у разі розливу на горизонтальну поверхню визначається (за відсутності довідкових або експериментальних даних), виходячи з розрахунку, що 1 л сумішей або розчинів, що містять 70 % і менше (за масою) розчинників, розливається на площі 0,1 м², а в інших випадках на 0,15 м². Більш точні характеристики розливу небезпечних рідин можна отримати експериментальним шляхом.

В цій роботі студентам і курсантам пропонується засвоїти експериментальний метод визначення розтікання горючої рідини (в лабораторних умовах).

Дослідженнями встановлено, що площа розливу рідини F (м²) по поверхні твердих тіл пропорційна об'єму розлитої рідини (при невеликих об'ємах):

$$F = S \cdot V \quad (3.1)$$

де S - коефіцієнт розтікання рідини, що показує величину площі розливу одиниці об'єму даної рідини і визначається як тангенс кута нахилу прямої, яку будують за експериментальними даними, м²/м³, м²/л або м⁻¹;

V - об'єм рідини, що розтікається, м³ або л.

Величина площі розтікання одиниці об'єму рідини (а отже, і коефіцієнт розтікання) залежить не тільки від властивостей рідини, але і від властивостей поверхні, по якій відбувається розтікання рідини, а також від температури рідини та поверхні.

Відомо, що одні і ті ж рідини мають різну площу розтікання в залежності від природи твердої поверхні. З точки зору пожежовибухонебезпеки, а саме для визначення найбільшої небезпеки на випадок аварії, необхідно знати максимально можливу площу розливу даної рідини. Це дозволить передбачити профілактичні заходи з врахуванням максимальної загрози розвитку пожежі.

Встановлено, що найбільша величина розтікання рідини досягається на високо енергетичних поверхнях, до яких відноситься, наприклад, силікатне скло. Отже, якщо досліди по розтіканню проводити на силікатному склі при стандартній (кімнатній) температурі, отримаємо максимальне значення коефіцієнта розтікання. У зв'язку з цим рівняння (3.1) прийме вид:

$$\Phi_0 = S_0 \cdot V_p \quad (3.2)$$

де Φ_0 – площа розтікання рідини на склі (максимально можлива площа розтікання), м²;

S_0 - максимальне значення коефіцієнта розтікання для даної рідини, м²/м³, м²/л або м⁻¹;

V_p - об'єм рідини, що розтікається, м³, л.

Згідно літературних даних площу розливу рідини інколи характеризують діаметром або радіусом кола, що еквівалентний (по площі) розлитій рідині. Такий параметр можна знайти, порівнюючи площу розливу з площею кола і розрахувавши з цього рівняння діаметр. Так, для випадку розливу рідини на склі маємо:

$$d_0 = \sqrt{4 \cdot \Phi_0 / \pi} = \sqrt{4 \cdot S_0 \cdot V / \pi} \quad (3.3)$$

В лабораторних умовах можна визначити коефіцієнт розтікання будь-якої рідини (далі розтікання рідини) по поверхні твердих тіл, з яких виготовлені підлоги виробничих приміщень: лінолеум, кафель, пофарбована деревина, цемент тощо.

При розливі об'єму рідини по реальній поверхні підлоги (лінолеумі, цементі, кафелю тощо) площа розтікання буде менше, ніж на склі. Вплив властивостей матеріалу та стану поверхні на розтікання рідини у порівнянні з розтіканням по склу можна оцінити коефіцієнтом K , що показує, яку частку складає розтікання S на даній поверхні від розтікання на склі S_0 :

$$K_{\phi} = \frac{S}{S_0}, \quad (3.4)$$

Якщо відомі розтікання на склі S_0 , коефіцієнт впливу властивостей матеріалу K_{ϕ} та об'єм розливої рідини, площу розливу Φ можна визначити за формулою:

$$\Phi = K_{\phi} \cdot S_0 \cdot V \quad (3.5)$$

Крім розтікання, можна визначити також і товщину шару розливої рідини. На склі вона буде визначатися за формулою:

$$\delta_0 = \frac{1}{S_0} \quad (3.6)$$

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Опис лабораторної установки

Лабораторна установка (рис.3.1) має стіл 1 для досліджень, який розділений вертикальним склом 5 на дві приблизно однакові половини. На одній половині столу закріплюється штатив 3 з бюреткою 4, а також джерело освітлення (лампа) 2. Стіл має регулюючі гвинти 8, для надання йому горизонтального положення.

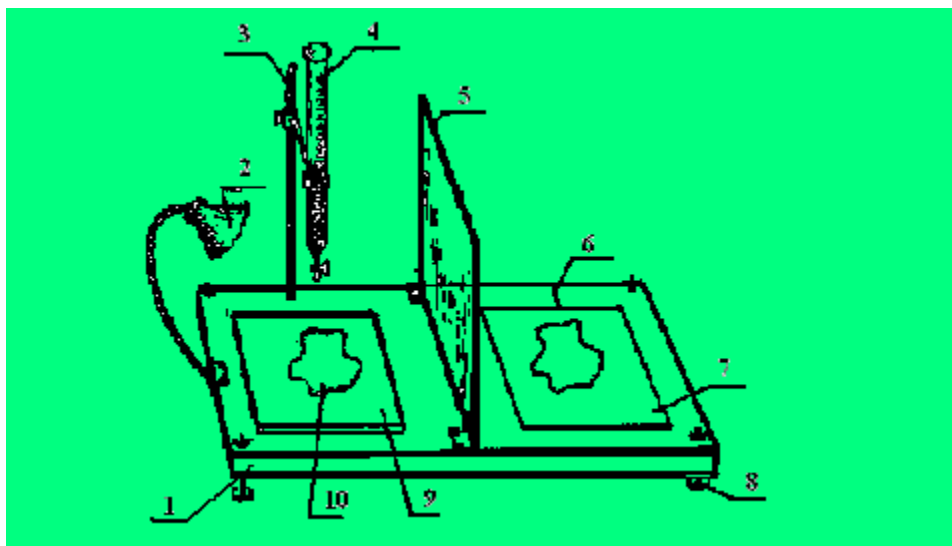


Рисунок. 3.1 - Лабораторна установка: 1 - стіл; 2 - джерело освітлення (лампа); 3 – штатив; 4 – бюретка; 5 - скло; 8 – регулюючий гвинт

Сутність експерименту полягає в наступному. З бюретки випускається заданий об'єм рідини, що досліджується, на підготовлену поверхню (скло, лінолеум, цемент тощо) твердого тіла, що розміщується під бюреткою. Після того, як рідина розливається по поверхні, необхідно визначити площу розливу. Для цього на іншу половину столу кладеться чистий аркуш паперу, кальки або міліметрового паперу і на нього наноситься контур розлитої рідини (використовується дзеркальний ефект, який одержується за допомогою вертикального скла). Площа усередині контуру визначається або по клітинкам міліметрового паперу, або методом зважування на точних вагах, або за допомогою планиметра.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1. Вивчити параметри, що характеризують розтікання горючих рідин по твердим поверхням: розтікання, максимальне розтікання, товщина плівки, діаметр еквівалентного кола, коефіцієнт впливу властивостей поверхні.
2. Ознайомитись з влаштуванням лабораторної установки.
3. Отримати у викладача або лаборанта рідину для дослідження та залити її в бюретку.
4. Підготувати поверхню скла до дослідів, для чого очистити її спеціально підготовленим розчином, промити чистою водою та висушити повітрям.
5. Столу лабораторної установки надати горизонтальне положення.
6. Розташувати скло під бюреткою, випустити з неї на поверхню скла перший об'єм рідини (наприклад, 1 мл) та подождати до завершення розтікання (1хв.).
7. Перенести окреслення контуру рідини на міліметровий папір або на кальку (за вказівкою викладача), для чого розташувати його з іншого боку столу: ввімкнути лампу і, використовуючи дзеркальний ефект, обвести олівцем або ручкою зображення рідини на папері.

8. Визначити площу усередині контуру (по міліметровому паперу), зважуванням кальки або з використанням планиметра.

9. Отримані результати записати до лабораторного журналу.

10. В такому ж порядку виконати наступні досліди.

11. За експериментальними даними побудувати два графіка:

$$\Phi_0 = \Psi(V) - \text{для розливу рідини по склу;}$$

$$\Phi = \varphi(V) - \text{для розливу рідини по реальній поверхні.}$$

ОФОРМЛЕННЯ ТА ЗАХИСТ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

Звіт з лабораторної роботи містить у собі:

1. Оформлення роботи згідно умов проведення результатів виконаних лабораторних дослідів з висновками.

2. Захист лабораторної роботи відбувається шляхом індивідуальної співбесіди курсантів і студентів з викладачами за результатами виконаних лабораторних дослідів і практичних розрахунків, а також за матеріалом теми.

Підсумкова оцінка за лабораторну роботу виставляється у разі:

1. Складання і захисту оформленого згідно завдання звіту з лабораторної роботи.

2. Надання усної або письмової відповіді на запитання викладача за виконаним завданням, а також за матеріалом теми.

У випадку невиконання лабораторної роботи або окремого її етапу у встановлений час, а також у разі неможливості захисту роботи на занятті, відпрацювання і захист лабораторної роботи проводиться під час консультацій або в інший час, встановлений викладачем, закріпленим за навчальною групою.

При виставленні оцінок враховувати вміння студентів і курсантів самостійно працювати з лабораторним обладнанням, якість проведення дослідів і обробки результатів вимірювань, повноту і правильність проведених розрахунків і відповідей на теоретичні запитання, обґрунтованість зроблених у роботі висновків, ефективність розроблених пожежно-профілактичних заходів, рівень самостійності і творчого мислення під час виконання роботи, вміння використовувати знання, що отримані на інших дисциплінах та під час самостійної роботи.

Техніка безпеки та пожежна безпека при виконанні лабораторної роботи

1. Кількість ЛЗР і ГР приймається в межах 30 мл.

2. Роботу проводять за умов працюючої витяжної вентиляції.

3. Необхідно дотримуватись акуратності та обережності при заповненні бюретки рідиною.

4. На випадок пошкодження бюретки та розливу ЛЗР і ГР засипати рідину піском, який потім зібрати в спеціальну ємність для видалення з лабораторії.

Література

1. Михайлюк О.П., Олійник В.В., Мозговий Г.О. Теоретичні основи пожежної профілактики технологічних процесів та апаратів: Підручник. - Харків: ХНАДУ. 2014.- 380 с.

2. Михайлюк О.П., Олійник В.В., Сирих В.М. Теоретичні основи пожежної профілактики технологічних процесів та апаратів: Практикум. - Х.: НУЦЗУ, ФОП Панов А.М., 2016.-198 с.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4

ВИЗНАЧЕННЯ РЕЖИМУ АВАРІЙНОГО ЗЛИВУ ЛЕГКОЗАЙМИСТИХ ТА ГОРЮЧИХ РІДИН

МЕТА РОБОТИ:

1. Оволодіти методами теоретичних розрахунків і експериментальних досліджень з визначення режиму аварійного зливу легкозаймистих (ЛЗР) та горючих (ГР) рідин;
2. Набути навичок аналізу, узагальнення і обробки отриманих розрахункових даних, а також досвіду роботи з проектування систем аварійного зливу легкозаймистих та горючих рідин на виробництвах;
3. Засвоїти та відпрацювати методику практичного визначення параметрів систем аварійного зливу для конкретних умов виробництва.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

Лабораторна робота проводиться у 2 етапи:

Перший етап - розрахункова частина. Проводиться в аудиторії шляхом виконання студентами і курсантами практичних розрахунків системи аварійного зливу за варіантом, що видається викладачем.

Другий етап - експериментальна частина. Проводиться шляхом перевірки відповідності розрахункового режиму аварійного зливу реальним умовам, яка виконується на ємності, що обладнана системою аварійного зливу ЛЗР самопливом.

РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

1. Отримати у викладача варіант лабораторної роботи.
 2. Записати до лабораторного журналу вихідні дані для розрахунку.
 3. Виконати розрахунок системи аварійного зливу ЛЗР за методикою [1]
- Приклад розрахунку системи аварійного зливу ЛЗР наведено нижче.

Варіанти для проведення розрахунків системи аварійного зливу

1 варіант

Вид рідини - ацетон, робоча температура, $t_p = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$, об'єм рідини в апараті $V = 6\text{ м}^3$; робочий тиск - атмосферний; площа поперечного перерізу апарата $F = 3\text{ м}^2$; діаметр аварійного трубопроводу $d_{\text{вн}} = 100\text{ мм}$; матеріал аварійного трубопроводу - нові сталеві труби; пуск системи - ручний. $H_1 = 5,5\text{ м}$, $H_2 = 3\text{ м}$. Аварійна ємність розташована біля зовнішньої стіни будівлі на відстані 3 м.

2 варіант

Вид рідини - бензол, робоча температура, $t_p = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$, об'єм рідини в апараті $V = 8\text{ м}^3$; робочий тиск - атмосферний; площа поперечного перерізу апарата $F = 2\text{ м}^2$; діаметр аварійного трубопроводу $d_{\text{вн}} = 80\text{ мм}$; матеріал аварійного трубопроводу - нові сталеві труби; пуск системи - автоматичний (120 с). $H_1 = 9\text{ м}$, $H_2 = 5\text{ м}$. Аварійна ємність розташована біля зовнішньої стіни будівлі на відстані 5 м.

3 варіант

Вид рідини - толуол, робоча температура, $t_p = 18\text{ }^{\circ}\text{C}$, об'єм рідини в апараті $V = 9\text{ м}^3$; робочий тиск - атмосферний; площа поперечного перерізу апарата $F = 3\text{ м}^2$; діаметр аварійного трубопроводу $d_{\text{вн}} = 95\text{ мм}$; матеріал аварійного трубопроводу - нові сталеві труби; пуск системи - автоматичний (10 с). $H_1 = 10\text{ м}$, $H_2 = 7\text{ м}$. Аварійна ємність розташована біля зовнішньої стіни будівлі на відстані 6 м.

4 варіант

Вид рідини - етилацетат, робоча температура, $t_p = 22\text{ }^{\circ}\text{C}$, об'єм рідини в апараті $V = 4\text{ м}^3$; робочий тиск - атмосферний; площа поперечного перерізу апарата $F = 1\text{ м}^2$; діаметр аварійного трубопроводу $d_{\text{вн}} = 60\text{ мм}$; матеріал аварійного трубопроводу - нові сталеві труби; пуск системи - ручний. $H_1 = 12\text{ м}$, $H_2 = 8\text{ м}$. Аварійна ємність розташована під землею.

5 варіант

Вид рідини – дизельне паливо, робоча температура, $t_p = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$, об'єм рідини в апараті $V = 10\text{ м}^3$; робочий тиск - атмосферний; площа поперечного перерізу апарата $F = 2,5\text{ м}^2$; діаметр аварійного трубопроводу $d_{\text{вн}} = 90\text{ мм}$; матеріал аварійного трубопроводу - нові сталеві труби; пуск системи - ручний. $H_1 = 13\text{ м}$, $H_2 = 9\text{ м}$. Аварійна ємність розташована біля зовнішньої стіни будівлі на відстані 4 м.

6 варіант

Вид рідини - циклогексан, робоча температура, $t_p = 29\text{ }^{\circ}\text{C}$, об'єм рідини в апараті $V = 5\text{ м}^3$; робочий тиск - атмосферний; площа поперечного перерізу апарата $F = 2,5\text{ м}^2$; діаметр аварійного трубопроводу $d_{\text{вн}} = 70\text{ мм}$; матеріал аварійного трубопроводу - нові сталеві труби; пуск системи - автоматичний (100 с). $H_1 = 8\text{ м}$, $H_2 = 6\text{ м}$. Аварійна ємність розташована на 1-му поверсі будівлі.

Приклад розрахунку системи аварійного зливу легкозаймистих рідин

Завдання. Провести перевірочний розрахунок системи аварійного зливу ЛЗР самопливом з вертикального циліндричного резервуара, що наведена на рисунку 4.1. За необхідності запропонувати обгрунтовані розрахунком заходи, що забезпечують умови виконання аварійного зливу. Вид рідини - ацетон, робоча температура, $t_p = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$, густина $\rho_t = 790,5\text{ кг/м}^3$, об'єм рідини в резервуарі $V = 6\text{ м}^3$; робочий тиск - атмосферний; площа поперечного перерізу резервуара $F = 3\text{ м}^2$; діаметр аварійного трубопроводу $d_{\text{вн}} = 100\text{ мм}$; матеріал аварійного трубопроводу - нові сталеві труби; пуск системи - ручний.

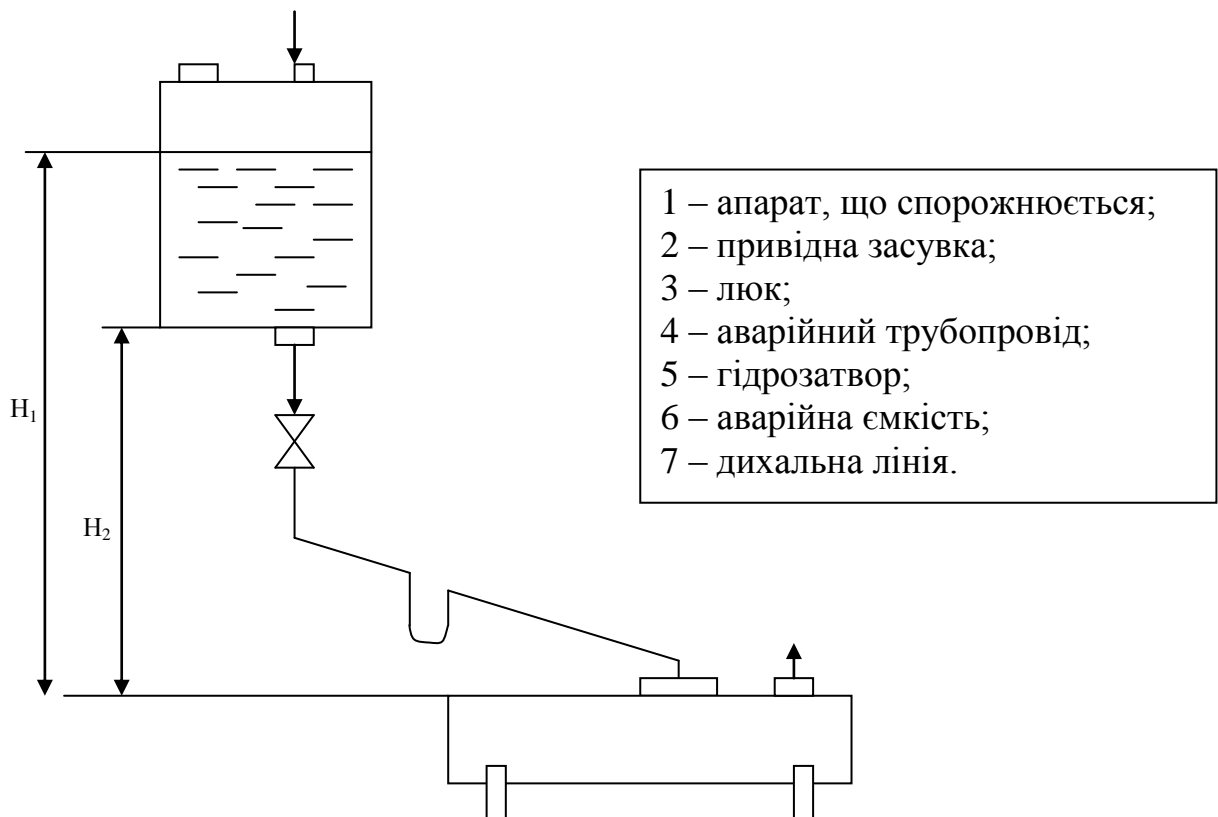


Рисунок 4.1 - Схема аварійного зливу рідини самопливом з апарата з постійним за висотою перерізом.

Розрахунок:

1. Проводимо трасування аварійного трубопроводу від резервуара, який спорожнюється, до аварійної ємкості, визначаємо кількість та види місцевих опорів:

а) визначаємо коефіцієнти місцевих опорів для першої ділянки трубопроводу довжиною $L = 5,5\text{ м}$. (табл. 18 [2]):

- вхід у зливну трубу $\xi_{\text{вх}} = 0,2$
- повністю відкрита засувка $\xi_z = 0,5$;
- коліно трубопроводу (при $\alpha = 120^{\circ}\text{C}$) $\xi_k = 0,55$;
- гідрозатвор $\xi_r = 3$;

б) визначаємо коефіцієнти місцевих опорів для другої ділянки трубопроводу довжиною $L = 3\text{ м}$. (табл. 18 [2]):

- коліно трубопроводу (при $\alpha = 120^\circ\text{C}$) $\xi_k = 0,55$;
- вихід з труби в аварійну ємкість $\xi_{\text{вих}} = 1$.

2. Визначаємо сумарний коефіцієнт місцевих опорів:

$$\xi_c = \sum N_i \cdot \xi_i = 1 \cdot 0,2 + 1 \cdot 0,5 + 2 \cdot 0,55 + 1 \cdot 3 + 1 \cdot 1 = 5,8 \quad (4.1)$$

де N_i - кількість місцевих опорів одного виду;
 n - число видів місцевих опорів

3. Визначаємо максимально допустиму тривалість аварійного спорожнення резервуара:

$$\tau_{\text{сп.м}} = [\tau]_{\text{зл}} - \tau_{\text{опер}} = 900 - 300 = 600 \text{ с} \quad (4.2)$$

де $[\tau]_{\text{зл}}$ - допустима тривалість аварійного зливу, с. Допустима тривалість аварійного зливу обґрунтовується розрахунком, виходячи з вогнестійкості будівельних конструкцій та обладнання, тривалості вигорання рідини чи середнього часу прибуття пожежних підрозділів. У більшості випадків приймають рівною не більше 900 с;

$\tau_{\text{опер}}$ - тривалість операцій по приведенню системи в дію, с. Оскільки за умовами завдання передбачено ручний пуск системи, приймаємо рівною 300 с.

4. Визначаємо коефіцієнт витрати системи аварійного зливу:

$$\varphi_{\text{сист}} = \sqrt{\frac{1}{1 + 3\xi_c}} = \sqrt{\frac{1}{1 + 3 \cdot 5,8}} = 0,233 \quad (4.3)$$

5. Визначаємо діаметр аварійного трубопроводу:

$$d_{\text{тр}} = 0,758 \cdot \sqrt{\frac{V_p}{\tau_{\text{сп.м}} \cdot \varphi_{\text{сист}} \cdot (\sqrt{H_1} + \sqrt{H_2})}} = 0,758 \sqrt{\frac{6}{600 \cdot 0,233 \cdot (\sqrt{5,5} + \sqrt{3})}} \approx 81 \text{ мм}$$

де V_p - робочий об'єм рідини в резервуарі, м^3 ;

H_1 - відстань від рівня рідини в апараті на початку зливу до вхідного перерізу аварійного трубопроводу в аварійній ємності, м;

H_2 - відстань від випускного отвору апарата до вхідного перерізу аварійного трубопроводу в аварійній ємності, м.

6. Визначаємо площу прохідного перерізу труб системи аварійного зливу і вихідного патрубка резервуара:

$$f_{\text{тр}} = f_{\text{вих}} = 0,785 d_{\text{вн}}^2 = 0,785 \cdot 0,1^2 = 0,00785 \text{ м}^2 \quad (4.4)$$

7. Визначаємо швидкість руху рідини по аварійному трубопроводу під час зливу:

$$\omega = 2,22 \cdot \varphi_{\text{сист}} \cdot (\sqrt{H_1} + \sqrt{H_2}) = 2,22 \cdot 0,233 \cdot (\sqrt{5,5} + \sqrt{3}) = 2,11 \text{ м/с} \quad (4.5)$$

8. Визначаємо значення критерію Рейнольдса

$$Re = \omega \cdot d_{\text{вн}} \cdot \rho_t / \mu_t = 2,11 \cdot 0,1 \cdot 790,5 / 0,34 = 490,575 \quad (4.6)$$

де μ_t - динамічний коефіцієнт в'язкості рідини, Па·с, $\mu_t = 0,34$. (табл. 11 дод Б [2]).

9. Визначаємо коефіцієнт опору тертя лінійних ділянок трубопроводу λ . Оскільки $Re < 2300$, то

$$\lambda = 64/Re = 64 / 490,575 = 0,13 \quad (4.7)$$

10. Визначаємо коефіцієнт опору системи

$$\xi_{\text{сист}} = \xi_c + (\lambda / d_{\text{вн}}) \cdot \sum L_i = 5,8 + (0,13 / 0,1) \cdot (5,5 + 3) = 16,85 \quad (4.8)$$

де L_i - довжина i -ї ділянки трубопроводу, м.

11. Визначаємо уточнене значення коефіцієнта витрати системи:

$$\varphi'_{\text{сист}} = \sqrt{\frac{1}{1 + \xi_{\text{сист}}}} = \sqrt{\frac{1}{1 + 16,85}} = 0,237 \quad (4.9)$$

12. Визначаємо помилку при оцінці коефіцієнта витрати системи:

$$\theta_{\varphi} = \frac{|\varphi'_{\text{сист}} - \varphi_{\text{сист}}|}{\varphi_{\text{сист}}} 100\% = \frac{|0,237 - 0,233|}{0,233} 100\% = 1,7 \%$$

Враховуючи те, що помилка $\theta_{\varphi} < 5 \%$, вважаємо значення $\varphi'_{\text{сист}}$ дійсним.

13. Визначаємо тривалість спорожнення апарата:

$$\tau_{\text{спор}} = \frac{0,452 \cdot F \cdot (\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2})}{\varphi_{\text{сист}} \cdot f_{\text{вих}}} = \frac{0,452 \cdot 3 \cdot (\sqrt{5,5} - \sqrt{3})}{0,233 \cdot 0,00785} = 454,2 \text{ с}$$

де F - площа поперечного перерізу апарата, м^2 .

14. Перевіряємо умови виконання аварійного зливу:

$$\tau_{\text{спор}} < \tau_{\text{сп.м}} \Rightarrow 454,2 < 600 \text{ с.}$$

Висновок:

Запроектована система аварійного зливу повністю відповідає вимогам нормативних документів і забезпечує протипожежний захист технологічного процесу від поширення пожежі.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Експериментальна частина лабораторної роботи проводиться на лабораторній установці, що представляє собою дві ємності, що поєднані між собою трубопроводом (зливною шлангою). Аварійний злив рідини здійснюється самопливом після відкриття крану, що встановлений на зливному патрубку ємності.

За відсутності умов влаштування аварійної ємності аварійний злив рідини (безпечної) можна здійснити в існуючу систему каналізації.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ

1. Вивчити вимоги до влаштування систем аварійного зливу ЛЗР та ГР.
2. Розташувати ємності наступним чином: ємність, з якої необхідно злити рідину, розташовують на висоті; аварійну ємність розташовують на нижчому рівні, який дозволяє злити рідину самопливом.
3. Визначити об'єм ємності, з якої необхідно злити рідину.
4. Визначити об'єм аварійної ємності.
5. Визначити довжину та діаметр аварійного трубопроводу (зливної шланги).
6. Перевірити герметичність з'єднань резервуарів. Кран на виході з ємності повинен бути в положенні «закрито».
7. Заповнити ємність рідиною та визначити її об'єм.
8. Відкрити кран і секундомером визначити тривалість повного спорожнення резервуара (зливу горючої рідини до аварійної ємності).
9. Після спорожнення резервуара закрити кран.
10. Перевірити експериментально отриманий режим аварійного зливу розрахунком згідно методики [1,2] та прикладу, що наведений вище.
11. Результати вимірювань та розрахунків записати до лабораторного журналу.
12. Отримані експериментально та за допомогою розрахунків параметри системи аварійного зливу перевірити на відповідність вимогам нормативних документів.

ОФОРМЛЕННЯ ТА ЗАХИСТ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

Звіт з лабораторної роботи включає в себе:

1. Оформлення у відповідності до умов проведення результатів

виконаних лабораторних дослідів з висновками.

2. Захист лабораторної роботи відбувається шляхом індивідуальної співбесіди курсантів з викладачами за результатами виконаних лабораторних дослідів та практичних розрахунків, а також за матеріалом теми.

Підсумкова оцінка за лабораторну роботу виставляється у разі:

1. Складання і захисту оформленого у відповідності із завданням звіту з лабораторної роботи.

2. Надання усної або письмової відповіді на запитання викладача за виконаним завданням, а також з матеріалу теми.

У випадку невиконання лабораторної роботи або окремого її етапу у встановлений час, а також у разі неможливості захисту роботи на занятті, відпрацювання і захист лабораторної роботи проводиться під час консультацій або в інший час, встановлений викладачем, закріпленим за навчальною групою.

При виставленні оцінок враховувати вміння студентів і курсантів самостійно працювати з лабораторним обладнанням, якість проведення дослідів і обробки результатів вимірювань, повноту і правильність проведених розрахунків і відповідей на теоретичні запитання, обґрунтованість зроблених у роботі висновків, ефективність розроблених пожежно-профілактичних заходів, рівень самостійності і творчого мислення під час виконання роботи, вміння використовувати знання, що отримані на інших дисциплінах та під час самостійної роботи.

Техніка безпеки та пожежна безпека при виконанні лабораторної роботи

1. Кількість рідини приймається в межах 30 мл.
2. Роботу проводять за умов працюючої витяжної вентиляції та каналізації.
3. Необхідно дотримуватись акуратності та обережності при заповненні ємностей рідиною.
4. Слідкувати за герметичністю з'єднувальних шлангів.

Література

1. Михайлюк О.П., Олійник В.В., Мозговий Г.О. Теоретичні основи пожежної профілактики технологічних процесів та апаратів: Підручник. - Харків: ХНАДУ. 2014.- 380 с.

2. Михайлюк О.П., Олійник В.В., Сирих В.М. Теоретичні основи пожежної профілактики технологічних процесів та апаратів: Практикум. - Х.: НУЦЗУ, ФОП Панов А.М., 2016.-198 с.

3. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник в 2-х томах /А.Н. Баратов и др.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

ПОЖЕЖНА НЕБЕЗПЕКА АПАРАТІВ З ВІДКРИТОЮ ПОВЕРХНЕЮ ВИПАРОВУВАННЯ РІДИНИ

МЕТА РОБОТИ:

1. Оволодіти методами експериментальних досліджень з визначення пожежовибухонебезпеки апаратів з відкритою поверхнею випаровування легкозаймистих і горючих рідин.
2. Засвоїти навички аналізу, узагальнення і обробки отриманих експериментальних даних, а також досвіду роботи з лабораторним обладнанням при визначенні фактичної концентрації парів горючих і легкозаймистих рідин у закритих об'ємах.

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА РОБОТИ

Горючі гази, пари і рідини виходять з апаратів і трубопроводів у виробниче приміщення або на відкриті площадки не тільки при ушкодженнях та аваріях, але і при нормальній експлуатації апаратів, що мають свої конструктивні особливості. До таких апаратів відносяться апарати з відкритою поверхнею випаровування, апарати з дихальними пристроями, апарати періодичної дії та інші. Слід також зазначити, що невеликі витоки відбуваються навіть із герметично закритих апаратів, що працюють під підвищеним тиском, через нещільності в прокладках, сальниках, зварних швах.

При експлуатації зазначених апаратів вибухонебезпечні суміші можуть утворюватися не тільки у місцях виходу парів і газів, але і у виробничих приміщеннях та на відкритих майданчиках. При цьому розміри зовнішніх пожежовибухонебезпечних зон визначаються не тільки пожежонебезпечними властивостями речовин, що обертаються у технологічному процесі, але й їх кількістю, а також умовами викиду, розливу та розсіювання в навколишньому середовищі.

На практиці таке випаровування відбувається у тому випадку, якщо рідина розлилась на підлозі, а також при зберіганні рідин у відкритих резервуарах, при фарбуванні виробів, просочуванні тканин і паперу розчиненими смолами, промиванні та сушінні деталей розчинниками тощо.

Кількість горючої рідини, що випаровується з відкритої поверхні випаровування, буде залежати від її фізичних властивостей, температурних умов випаровування, площі поверхні випаровування, часу випаровування, а також рухомості повітря.

Горюча концентрація пароповітряної суміші над відкритою поверхнею утворюється, якщо виконується умова (5.1) або умова (5.2):

$$t_p \geq t_{сп}, \quad (5.1)$$

де t_p - робоча температура рідини, °С;

$t_{сп}$ - температура спалаху рідини, °С.

$$\varphi_p \geq \varphi_n, \quad (5.2)$$

де φ_n - нижня концентраційна межа поширення полум'я, %;

φ_p - фактична (робоча) концентрація горючої речовини, %.

Для практичного використання цієї умови числове значення t_p визначають за проектом або технологічним регламентом, а $t_{сп}$ - за довідником або розрахунками.

При визначенні пожежної небезпеки велике значення має вид випаровування рідини. Розрізняють випаровування у нерухоме та рухоме середовище.

При випаровуванні в нерухоме середовище (молекулярна дифузія) розсіювання парів ускладнюється, створюються більш сприятливі умови для накопичення парів у місці їх виділення з утворенням місцевих пожежонебезпечних концентрацій. Практичний інтерес викликає закон розподілу концентрації пари за висотою над поверхнею рідини в залежності від температури та тривалості випаровування, можливих розмірів пожежовибухонебезпечних зон та кількості рідини, що випаровується.

При випаровуванні рідини з відкритої поверхні у нерухоме середовище зміна концентрації пари (по вертикалі) може бути представлена параболою n-го порядку (рис. 5.1).

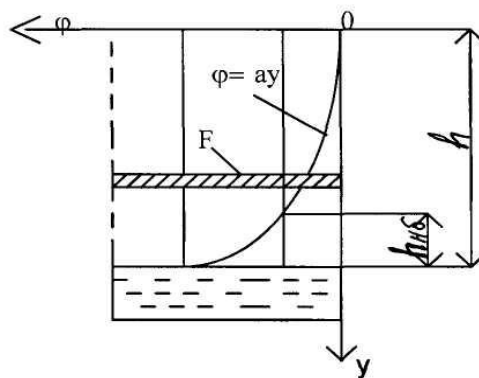


Рисунок 5.1-Зміна концентрації пари по вертикалі під час випаровування рідини у нерухоме середовище

Концентрація пари змінюється від насиченої φ_s (над поверхнею рідини) до 0 (на деякій відстані від неї). Якщо початок координатної сітки сполучити з крапкою, де $\varphi=0$, тоді $\varphi = ay^n$, де y - координата точки, в якій визначається концентрація пари; a - постійна, яка визначається з граничної умови $\varphi = \varphi_s$ при $y = h$. Отже, коли $a = \varphi_s/h^n$ розподіл концентрації пари по висоті може бути описаний наступним рівнянням

$$\varphi = \varphi_s \cdot \left(\frac{y}{h}\right)^n \quad (5.3)$$

де n - показник ступеня залежності зміни концентрації пари. Для нафти і нафтопродуктів n , при випаровуванні в умовах молекулярної дифузії близький до 2 (аналогічна закономірність приймається і для інших рідин).

Висота небезпечної зони ($h_{нб}$, м), де утворюється вибухонебезпечна концентрація (при концентрації пароповітряної суміші $\varphi_s = \varphi_n$), може бути визначена з наступного виразу

$$h_{нб} = \sqrt{12 \cdot D \cdot \tau (1 - \varphi_s)} (1 - \sqrt{\varphi_n / \varphi_s}) \quad (5.4)$$

де D - коефіцієнт дифузії пари рідини в повітрі за нормальних умов, м²/с (табличні дані);

τ - тривалість випаровування, с;

φ_n - нижня концентраційна межа поширення полум'я, % об.;

φ_s - концентрація насиченої пари, % об.

Концентрація насиченої пари рідини визначається величиною тиску насиченої пари (P_s) та робочого тиску (P_p) в об'ємі пароповітряного простору апарата:

$$\varphi_s = \frac{P_s}{P_p} \quad (5.5)$$

Тиск насиченої пари рідини залежить від її температури і визначається за рівнянням Антуана:

$$P_s = 10^3 \cdot 10^{\left(A - \frac{B}{t_p + C_a} \right)}, \quad (5.6)$$

де P_s - тиск насиченої пари за робочою температурою рідини, Па;

t_p - робоча температура рідини, °С;

A, B, C_a - константи Антуана, що залежать від властивостей рідини [3].

В практиці під час проведення аналізу можливості утворення вибухонебезпечних концентрацій при застосуванні апаратів з відкритою поверхнею випаровування рідин, велике значення має визначення кількості пари, яка у суміші з повітрям за відповідних умов може утворювати небезпечні суміші.

Кількість рідини, що випаровується з відкритої поверхні залежить від її фізичних властивостей, температурних умов, часу випаровування, рухомості повітря та визначається за формулами [1]. Так, при випаровуванні у нерухоме середовище маса рідини визначається за формулою:

$$m_n = 1,155 \cdot \varphi_s \rho_t \cdot F_B \cdot \sqrt{D_t \cdot \tau (1 - \varphi_s)} \quad (5.7)$$

де m_n - маса рідини, що випаровується у нерухоме середовище, кг;

φ_s - концентрація насиченої пари, % об.;
 ρ_t - густина пари рідини за робочою температурою, кг/м³;
 F_b - площа поверхні випаровування, м²;
 D_t - коефіцієнт дифузії пари за робочої температури, м²/с.
 τ - тривалість випаровування, с.

Коефіцієнт дифузії пари в повітрі в залежності від температури визначають за формулою:

$$D_t = D_0 \left(\frac{t_p + 273}{273} \right)^n, \quad (5.8)$$

де D_0 - значення коефіцієнта дифузії за нормальних умов ($T_0=273$ К, $P_0=1 \cdot 10^5$ Па), м²/с, наведені в довідковій літературі [2];

n - показник ступеня, табличні дані [2].

Для визначення густини парів рідини за робочою температурою застосовують наступну формулу:

$$\rho_t = \frac{M}{V_t}, \quad (5.9)$$

де ρ_t - густина парів рідини за робочою температурою, кг/м³;

V_t - молярний об'єм пари за робочих умов, м³/кмоль, визначається за формулою:

$$V_t = V_0 \cdot \frac{T_p}{T_0} \cdot \frac{P_0}{P_p}, \quad (5.10)$$

де $V_0=22,41$ м³/кмоль - молярний об'єм парів за нормальних умов;

$T_0=273,15$ °К - температура за нормальних фізичних умов;

$P_0=1,01325 \cdot 10^5$ Па - тиск за нормальних фізичних умов ($P_0=1 \cdot 10^5$ Па);

T_p та P_p - відповідно робоча температура (К) та робочий тиск системи, Па.

Площа поверхні випаровування горючої рідини визначається розмірами апарата (за умов випаровування з відкритої поверхні апарата) або площею розливу рідини у разі аварії.

При прогнозуванні аварійних ситуацій [4], що пов'язані з виходом ЛЗР та ГР, площу випаровування рідини, у разі її розливу на підлогу, визначають (за відсутністю довідникових даних), виходячи з розрахунку, що 1 л сумішей та розчинів, які містять 70 % і менше (по масі) розчинників, розливається на площі 0,5 м², а інших рідин – на 1 м² підлоги приміщення.

При розливі рідини на відкриту горизонтальну поверхню площу поверхні випаровування визначають (у разі відсутності довідникових або інших експериментальних даних), виходячи з розрахунку, що 1 л сумішей і розчинів, що містять 70 % і менше (по масі) розчинників, розливається на площі 0,1 м², а інших рідин - на 0,15 м².

Тривалість випаровування рідини (τ) приймається рівною часу її повного випаровування, але не більше 3600 с [4].

Розрахунковий час повного випаровування рідини визначають за формулою:

$$\tau_b = \frac{m_p}{W_b \cdot F_b} \quad (5.11)$$

де m_p - маса рідини, що випаровується, кг;
 W_b - інтенсивність випаровування, кг/с м²;
 F_b - площа поверхні випаровування, м²;
 τ_b - тривалість випаровування, с.

Інтенсивність випаровування W_g визначають за довідниковими та експериментальними даними. Для ЛЗР, які не нагріті вище температури навколишнього середовища, у разі відсутності таких даних, допускається розраховувати W_g за формулою:

$$W = 10^{-6} \cdot \eta \cdot (M)^{\frac{1}{2}} \cdot P_s \quad (5.12)$$

де η - коефіцієнт, що залежить від температури та швидкості руху повітря, (табл. 1) [4];

M - молекулярна маса рідини, кг/кмоль;

P_s - тиск насичених парів за температури випаровування рідини, Па.

Таблиця 5.1 - Значення коефіцієнта η залежно від швидкості повітряного потоку та температури повітря у приміщенні

Швидкість повітряного потоку у приміщенні, м·с ⁻¹	Значення коефіцієнта η за температури повітря у приміщенні t , °C				
	10	15	20	30	35
0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
0,1	3,0	2,6	2,4	1,8	1,6
0,2	4,6	3,8	3,5	2,4	2,3
0,5	6,6	5,7	5,4	3,6	3,2
1,0	10,0	8,7	7,7	5,6	4,6

Характер випаровування у рухоме середовище (конвекційна дифузія) істотно відрізняється від випаровування в нерухоме середовище (молекулярна дифузія). Молекулярна дифузія парів рідини у нерухоме середовище проходить дуже повільно. Значно швидше проходить процес дифузії парів рідини у рухоме середовище. При конвекційній дифузії маса переходить із однієї фази в іншу не тільки внаслідок молекулярного руху, але і в результаті руху повітря, а також

більш інтенсивного теплообміну. За рахунок цього збільшується кількість рідини, що випаровується. У цьому випадку над поверхнею рідини утворюється невеликий приграничний прошарок із насиченою концентрацією пари, потім відбувається різкий перепад концентрації. В прошарках, що знаходяться вище приграничного прошарку (внаслідок інтенсивного перемішування середовища при рухові), концентрація пари буде приблизно однаковою.

Швидкість процесів масопередачі взагалі пропорційна рухомій силі і обернено пропорційна опору. В нашому випадку швидкість випаровування рідини з визначеної площі F за час τ у рухоме повітря буде пропорційна рухомій силі процесу випаровування і обернено пропорційна опору. При визначенні кількості рідини, що випаровується у рухоме середовище, необхідно враховувати коефіцієнт масопередачі та середню рухому силу масопередачі, методи визначення яких вивчаються в курсі „Термодинаміка і теплопередача”.

У зв'язку з тим, що визначення швидкості випаровування рідин в умовах конвекційної дифузії пов'язано з достатньо складними розрахунками (при розрахунках необхідно враховувати функціональні залежності критерію Рейнольдса та дифузійні критерії Нуссельта, Прандтля і Гухмана), для розрахунків кількості рідини, що випаровується у рухоме середовище G_p за час τ , використовують емпіричну формулу:

$$m_p = 10^{-6} \eta \sqrt{M} \cdot P_s \cdot F_B \cdot \tau, \quad (5.13)$$

де η - коефіцієнт, що залежить від температури та швидкості руху повітря, (табл. 5.1) [4];

F_B - площа поверхні випаровування, м²;

M - молекулярна маса рідини, кг/кмоль;

P_s - тиск насичених парів за температури випаровування рідини, Па;

τ - час випаровування, с.

Знаючи кількість горючої рідини, що випаровується за визначений час, можна визначити, в якому об'ємі повітря V можливе утворення вибухонебезпечної концентрації (ВНК) парів рідини:

$$V_{\text{ВНК}} = \frac{m}{\varphi_n^*} \cdot K_\sigma \quad (5.14)$$

де $V_{\text{ВНК}}$ - об'єм місцевої зони ВНК, м³;

φ_n^* - нижня концентраційна межа поширення полум'я, кг/м³;

m - сумарна маса горючих парів рідини, що випаровується до заданого об'єму, кг;

K_σ - коефіцієнт запасу надійності, дорівнює 2.

Для перерахунку концентраційних меж поширення полум'я з об'ємних часток у кілограми в кубічному метрі використовують формулу:

$$\varphi^* = \frac{\varphi^0 \cdot M}{V_t}, \quad (5.15)$$

де φ^* , φ^0 - значення концентраційних меж поширення полум'я відповідно в кг/м^3 та об'ємних частках (%);

M - молекулярна маса речовини, кг/кмоль ;

V_t - молярний об'єм парів або газів за робочих умов, $\text{м}^3/\text{кмоль}$. Визначають за формулою 5.10.

З огляду на важливе практичне значення контролю процесу випаровування ЛЗР і ГР з відкритої поверхні та розподілу зон вибухонебезпечних концентрацій, що утворюються в результаті випаровування горючих рідин, необхідно:

1. Дослідити закономірності випаровування ЛЗР і ГР з відкритої поверхні за різних умов випаровування (температура та швидкість повітря).

2. Визначити параметри, що впливають інтенсивність випаровування (W) горючих рідин з відкритої поверхні.

3. Дослідити вплив кліматичних умов на умови утворення зон вибухонебезпечних пароповітряних концентрацій в результаті випаровування ЛЗР та ГР. Побудувати характерні графічні залежності.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Опис лабораторної установки

Лабораторна установка (рис.5.1) призначена для дослідження пожежовибухонебезпеки апаратів з відкритою поверхнею випаровування легкозаймистих і горючих рідин.

Основними складовими установки є:

1. Корпус із плексигласу, що має дві камери: а) дослідну; б) еталонну.
2. Ваги електронні.
3. Вентиляційний пристрій.
4. Анемометр цифровий крильчастий GM 8908.
5. Термоелемент для нагрівання рідини в чаші ваг у дослідній камері з струмом живлення до 0,7 А.
6. Сигналізатори - експлозиметри СТХ-17-2 та «Дозор-СП».
7. Блок системи керування та живлення 14 V.

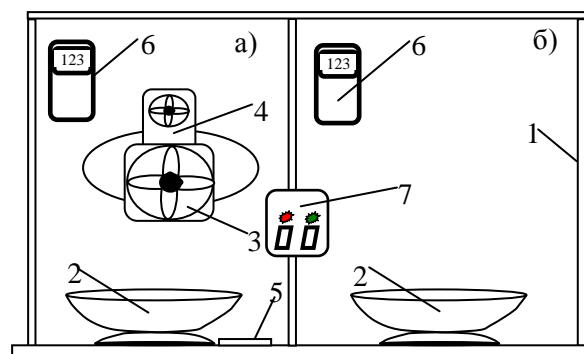


Рисунок 5.1- Загальний вид лабораторної установки

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1. Залити в чаші дослідних та еталонних ваг однаковий об'єм рідини (не менше 100 мл.).
2. Визначити площу випаровування рідини з відкритої поверхні за допомогою методу приведення до еквівалентних кіл.
3. Ввімкнути лабораторну установку: ваги, анемометр, термопари та сигналізатори - експлозиметри.
4. Виконати контрольні вимірювання параметрів процесу: маса рідини; температура, концентрація пари рідини.
4. Ввімкнути за допомогою блоку керування прилади нагрівання та примусової вентиляції у дослідній камері. Під час досліджень поступової зміни швидкості примусової вентиляції у камері можливе вмикання окремо приладів нагрівання та окремо примусової вентиляції.
5. Виконати дослідження впливу зміни швидкості вентиляювання на інтенсивність випаровування рідини з відкритої поверхні протягом 5 хвилин при постійній температурі. При цьому прилад нагрівання вимкнено. Швидкість руху середовища у камері змінюється поступово від 0,1 м/с до 0,5 м/с.
6. Результати вимірювань (зміна маси рідини у часі (інтервал 30 сек) та концентрація парів рідини в об'ємі камери (показання приладів СТХ-17-2 та «Дозор-СП») заносимо до журналу.
7. Вимкнути прилад вентиляювання, видалити пари рідини з обох камер.
8. Залити рідину в чаші ваг експериментальної та еталонної камер до початкової маси.
9. Ввімкнути прилад нагріву у дослідній камері.
10. Провести дослідження впливу зміни температури в дослідній камері на інтенсивність випаровування рідини з відкритої поверхні протягом 5 хвилин. При цьому прилад вентиляювання вимкнено.
11. Результати вимірювань (зміна маси рідини від температури (інтервал 30 сек) та показання СТХ-17-2 і «Дозор-СП») заносимо до журналу.
12. Вимкнути прилад нагрівання, видалити пари рідини з обох камер.
13. Залити рідину в чашу ваг експериментальної та еталонної камер до початкової маси.
14. Одночасно ввімкнути прилади нагрівання та примусової вентиляції.
15. Провести дослідження впливу обох параметрів (температура середовища та швидкість руху середовища (вентиляція) на інтенсивність випаровування рідини з відкритої поверхні протягом 5 хвилин. При цьому швидкість примусової вентиляції встановлюється згідно п. 5.
16. Результати вимірювань (зміна маси рідини та показання СТХ-17-2 і «Дозор-СП» з інтервалом 30 секунд) заносимо до журналу.
17. Виконати обробку отриманих результатів.
18. Побудувати графічні залежності.

Література

1. Михайлюк О.П., Олійник В.В., Мозговий Г.О. Теоретичні основи пожежної профілактики технологічних процесів та апаратів: Підручник. - Харків: ХНАДУ. 2014.- 380 с.

2. Михайлюк О.П., Олійник В.В., Сирих В.М. Теоретичні основи пожежної профілактики технологічних процесів та апаратів: Практикум. - Х.: НУЦЗУ, ФОП Панов А.М., 2016.-198 с.

3. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник в 2-х томах /А.Н. Баратов и др.

4. ДСТУ Б.В.1.1-36:2016. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною безпекою. Наказ Мінрегіону України від 15. 06. 2016 №158.