

ПОЖЕЖНА ПРОФІЛАКТИКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Методичні вказівки
до виконання лабораторних робіт
Для здобувачів вищої освіти,
які навчаються на **першому** (бакалаврському) рівні
в галузі знань 26 «Цивільна безпека»
за спеціальністю 261 «Пожежна безпека»
(освітньо-професійні програми: «Пожежна безпека»,
«Аудит пожежної та техногенної безпеки»,
«Пожежогащення та аварійно-рятувальні роботи»

Харків 2024

ПОЖЕЖНА ПРОФІЛАКТИКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Методичні вказівки
до виконання лабораторних робіт
Для здобувачів вищої освіти,
які навчаються на **першому** (бакалаврському) рівні
в галузі знань 26 «Цивільна безпека»
за спеціальністю 261 «Пожежна безпека»
(освітньо-професійні програми: «Пожежна безпека»,
«Аудит пожежної та техногенної безпеки»,
«Пожежогащення та аварійно-рятувальні роботи»

Рекомендовано до друку кафедрою
пожежної і техногенної безпеки об'єктів
та технологій НУЦЗ України
(протокол від 30.08. 2024 № 19)

Укладачі: В. В. Олійник, В. О. Липовий, Н. В. Саєнко

Рецензенти: доцент, кандидат технічних наук **Н. О. Косенко**, доцент кафедри охорони праці та безпеки життєдіяльності Харківського національного університету міського господарства ім. О.М. Бекетова;
кандидат технічних наук, доцент, **А. М Катунін**, доцент кафедри пожежної і техногенної безпеки об'єктів та технологій НУЦЗУ.

Пожежна профілактика технологічних процесів: методичні вказівки до виконання лабораторних робіт. Для здобувачів вищої освіти, які навчаються на першому (бакалаврському) рівні в галузі знань 26 «Цивільна безпека» за спеціальністю 261 «Пожежна безпека» (освітньо-професійні програми: «Пожежна безпека», «Аудит пожежної та техногенної безпеки», «Пожежогашіння та аварійно-рятувальні роботи» / Укладачі: В.В. Олійник, В.О. Липовий, Н.В. Саєнко. – Х.: НУЦЗУ, 2024. – 35 с.

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Пожежна профілактика технологічних процесів» призначені для закріплення та поглиблення теоретичних знань, які отримують здобувачі вищої освіти при вивченні дисципліни; освоєння практичних методів визначення основних показників пожежної небезпеки, заходів щодо їх поліпшення; набуття навичок і вміння аналізувати отримані результати; вміння самостійно працювати з науково-технічною літературою.

ЗМІСТ

Вступ.....	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. Визначення режиму аварійного зливу легкозаймистих рідин	25
Лабораторна робота № 4. Пожежна небезпека аварійного розливу легкозаймистих та горючих рідин	30

ВСТУП

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.

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 4 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. Набуття навичок аналізу, узагальнення і 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 всередині технологічного обладнання;
3. Виховувати у слухачів і курсантів культуру мовлення, а також дотримання дисципліни на занятті.

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Для визначення ступеню пожежовибухонебезпеки того чи іншого підприємства, цеху або окремих видів обладнання, пов'язаних з пилоутворенням, необхідно провести пожежно-технічне обстеження (ПТО) об'єкта і дослідження пожежонебезпечних властивостей горючого пилу. На осіб, що проводять ПТО підприємств, у технологічному процесі яких обертається горючий пил, додатково покладаються наступні задачі:

- 1) оцінка запиленості виробничих приміщень і визначення концентрації пилу у повітрі (за участю контрольної заводської лабораторії);
- 2) відбирання проб промислового пилу з різних ділянок технологічного процесу для лабораторного дослідження і визначення ступеню його небезпеки;
- 3) виявлення пилоутворюючого технологічного обладнання і оцінка ефективності існуючих знепилюючих влаштувань (загальних і місцевих систем аспірації).

За отриманими даними робиться висновок про вибухонебезпеку 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 у відповідності з [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:

$$\varphi'_{\text{фак}} \geq \varphi'_{\text{н}},$$

де $\varphi'_{\text{фак}}$ – фактична концентрація пилу в апараті, г/м³;
 $\varphi'_{\text{н}}$ – НКМПП пилоповітряної суміші, г/м³.

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

При оцінці пожежовибухонебезпеки середовища всередині технологічного обладнання потрібно враховувати те, що НКМПП того чи іншого виду горючого пилу не постійна і може змінюватись в умовах технологічного процесу в залежності від зміни фізико-хімічних властивостей пилу (дисперсності, вологості, зольності і т. і.). 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 в технологічному обладнанні і на об'єкті в цілому. Виникнення первинного вибуху або хлопку всередині апарату 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 вигляді вибухонебезпечних пилоповітряних сумішей всередині апаратів та у виробничих приміщеннях підприємств.

Методи визначення фактичної концентрації пилу всередині обладнання.

Розрахунковий метод

Фактична концентрація 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:

$$\varphi'_{\text{фак}} = \frac{m}{V_{\text{в}}} \quad (1)$$

де m – маса горючого пилу в апараті, кг;
 $V_{\text{в}}$ – внутрішній вільний об'єм апарату, м³.

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

$$m = m_{\text{заг}} \cdot (1 - \alpha) \quad (2)$$

$$\alpha = m_{\text{асп}} / m_{\text{заг}} \quad (3)$$

де $m_{\text{заг}}$ – загальна маса пилу, що потрапляє в апарат за певний час, кг;
 $m_{\text{асп}}$ – маса пилу, що видаляється з об'єму апарату системою аспірації за певний час; кг.

Загальна маса пилу, що знаходиться всередині апарату, визначається за формулою:

$$m_{\text{заг}} = m_{\text{зав}} + m_{\text{ос}}; \quad (4)$$

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

$$m_{\text{ос}} = I_{\text{від}} \cdot \tau \cdot F \quad (5)$$

де $I_{\text{від}}$ – інтенсивність утворення відкладень пилу на внутрішніх поверхнях апарату, кг/с · м²;

τ – час роботи апарату, с;

F – площа внутрішньої поверхні апарату, м².

Однією з особливостей горючого пилу є можливість його легкого переходу з осілого у завислий стан, що створює небезпеку утворення всередині обладнання вибухонебезпечних пилоповітряних сумішей. В такому разі відносно до об'єму апарату зазначену масу можна виразити через концентрацію:

$$\varphi'_{\text{р}} = \varphi'_{\text{зав}} + \varphi'_{\text{ос}} \quad (6)$$

де $\varphi'_{\text{р}}$ – можлива робоча концентрація горючого пилу в апараті, кг.

Концентрацію осілого всередині апарату пилу можна визначити за формулою:

$$\varphi'_{\text{ос}} = \frac{m_{\text{ос}}}{V_{\text{в}}} = \frac{I_{\text{від}} \cdot \tau \cdot F}{V_{\text{в}}} \quad (7)$$

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

$$m_{\text{ос}} = \delta \cdot \rho \cdot F \quad (8)$$

де δ – товщина шару горючого пилу, що відклався всередині апарату, м;

ρ – густина горючого пилу, кг / м³.

При розрахунках фактичної концентрації горючого пилу всередині апарату, крім можливості переходу осілого пилу у завислий стан, 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 $K_{\pi} = 0,5$.

$$m_{ав} = (m_{ап} + q \cdot \tau) \cdot K_{\pi} \quad (9)$$

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 в апарат, кг/с;

τ – час надходження пилу в апарат до моменту відключення засувки, с;

2) K_3 – коефіцієнт, що характеризує частку відкладеного в апараті пилу, здатного перейти у завислий стан. При відсутності експериментальних даних допускається приймати $K_3 = 0,9$;

$$m_{зав} = m_{ос} \cdot K_3 \quad (10)$$

3) K_r – коефіцієнт, що характеризує частку горючого пилу у загальній масі осілого пилу. При 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:

$$m_{ос} = I_{від} \cdot \tau \cdot F \cdot \frac{K_r}{K_y} = \delta \cdot \rho \cdot F \cdot \frac{K_r}{K_y} \quad (11)$$

Експериментальний метод

Основою експериментального методу визначення фактичної концентрації горючого пилу всередині апаратів є проведення контролю пилоповітря-

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

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. Тривалі (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) осаженням пилу в осередку пиління на розгорнутий аркуш паперу;
- 3) безпосереднім засмоктуванням (аспірацією) із запиленого повітря завислого пилу у пилоосадник (циклончик або алонж з фільтром) за допомогою вакуумнасосу, повітрорудки, 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. Однак, 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, 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 пи́л, 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 пи́лу на фільтрованому папері, що безперервно рухається, визначається по ослабленню світла.

Для вимірювання концентрації пи́лу придатні також прилади, що підраховують кількість частинок. При відомій витраті газу концентрація пи́лу може бути виражена числом частинок в одиниці об'єму. Якщо додатково проаналізувати гранулометричний склад, а пи́л однорідний за щільністю, то можна зробити перерахунок на масу в одиниці об'єму.

Із способів другої групи у першу чергу слід назвати спосіб, заснований на вимірюванні ослаблення світлового потоку, який поглинається частинками пи́лу і розсіюється на них. Такі прилади називають вимірювачами густини диму або густини пи́лу. 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 знепиленим 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.

Пи́лова камера

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

Основні елементи камери (рисунок 1): корпус 1, вентилятор 2, отвір для установки пиломіра 3

Розміри камери $200 \times 300 \times 165$ мм, загальний об'єм $V \approx 9900$ см³. Матеріал корпусу камери – плексиглас. Живлення електродвигуна вентилятора здійснюється від джерела перемінного струму (220 В, 50 Гц).

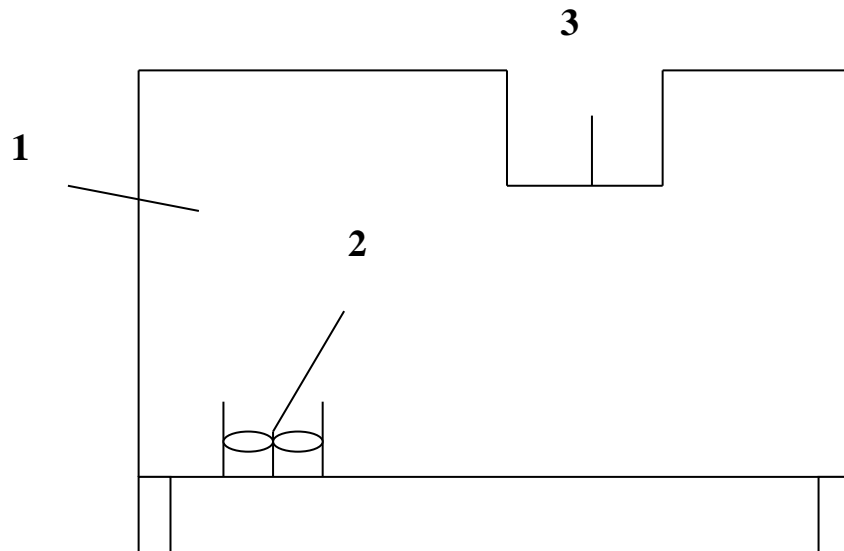


Рисунок 1 — Схема дослідної камери:

1 – корпус; 2- вентилятор; 3 - отвір для установки пилoměра

Фотопиломір Ф – 1

Представляє собою переносний прилад, призначений для систематичного контролю запиленості 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 ± 0,5 г/м ³ – від 0 до 1,5 г/м ³ з точністю ± 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 з дзеркалом відбиття.

Джерелом освітлення є мініатюрна лампа МН–1; приймачем — напівпровідниковий фотоопір ФС–К1, що ввімкнено в одне з плеч одинарного мосту

постійного струму. В діагональ мосту ввімкнено мікроамперметр типу М592 на 50 мкА зі шкалою, яку відградувано в грамах на 1 м^3 повітря.

На приладі передбачено перемикач для ввімкнення приладу на одну з відповідних меж вимірювання ($1,5 \text{ г/м}^3$ і 15 г/м^3).

При вмиканні приладу на межу $0 - 15 \text{ г/м}^3$ 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 застосовано напівпровідниковий перетворювач (60 В), для живлення накалу застосовують два сухих елемента 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.

Запиленість 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 запиленості таким чином, щоб показання мікроамперметру відповідали еталону.

Прилад має вибухоіскробезпечне виконання РВИ-1,1, може застосовуватись при температурі навколишнього середовища від 0 до $40 \text{ }^\circ\text{C}$ 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, вивчають принцип роботи фотопиломіра і порядок роботи з ним.
3. Провести вимір геометричних розмірів пилової камери та розрахують її вільний об'єм.
4. За завданням викладача визначити НКМПП горючого пилу за довідником.
5. Визначити масу наважки пилу (з точністю до $0,1 \text{ г}$), що видана викладачем для проведення досліду та розташувати пил у ємності дослідної камери.
6. Провести розрахунок можливої максимальної концентрації пилу в пиловій камері за формулою (1).
7. Встановити можливу розрахункову вибухонебезпеку середовища у пиловій камері.
8. Провести підготовку лабораторної установки до проведення іспиту.
9. Перевірити правильність настройки фотопиломіра;

10. Включити вентилятор дослідної камери і після встановлення стаціонарного режиму провести виміри фактичної концентрації пилу не менше трьох разів.

11. Занести результати вимірів у лабораторний журнал.

12. Визначити фактичну концентрацію пилу у дослідній камері за результатами вимірів, як математичне очікування трьох результатів вимірювань:

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

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

$$m_{\text{зав}} = V_v \cdot \varphi'_p$$

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

$$K_3 = \frac{m_{\text{зав}}}{m_{\text{заг}}}$$

15. Результати вимірів занести до лабораторного журналу.

16. Оцінити ступінь пожежовибухонебезпеки експлуатації технологічного апарату за завданням викладача. За результатами рішення задачі розробити пожежно-профілактичні заходи по забезпеченню пожежовибухонебезпеки середовища при експлуатації апаратів з горючим пилом і записують їх у лабораторний журнал та оформити висновок по роботі.

РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

В 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 колектору магістрального повітрепроводу системи аспірації в умовах аварійного режиму роботи (з урахуванням наявності завислого пилу). *За аварійний режим роботи прийняти здійснення горючого пилу, що осів на внутрішніх поверхнях колектору, і перехід його з осілого у завислий стан.*

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

Вихідні дані для розрахунку:

1. Товщина шару пилу на внутрішніх поверхнях колектору $\delta = 0,5$ мм, площа внутрішньої поверхні колектору $F = V_k \times 2$, насипна густина пилу $\rho = 350 \text{ кг/м}^3$, 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 $K_z = 0,9$, коефіцієнт безпеки $K_{б.н.} = 2$.

2. $\varphi_{зав} = 10 \% \times \varphi_n$, коефіцієнт безпеки $K_{б.н.} = 2$, об'єм колектору V_k , інтенсивність утворення відкладень пилу $I_{від}$, та φ_n прийняти за варіантом по таблиці 1.6 [3].

Методика рішення задачі

1 частина

1. Визначити масу горючого пилу, що знаходиться в осілому стані в об'ємі колектору:

2. Визначити масу осілого в об'ємі колектора горючого пилу, здатного перейти у завислий стан при аварійній ситуації:

3. Визначити концентрацію пилу всередині колектору при аварійній ситуації:

4. Перевірити можливість утворення вибухонебезпечної концентрації в об'ємі апарату за умовами вибухобезпеки:

2 частина

1. Визначити концентрацію завислого в об'ємі колектора пилу (за варіантом)

2. Визначити безпечну робочу концентрацію горючого пилу всередині колектору за умовами вибухобезпеки

3. Визначити тривалість безпечної роботи системи аспірації за умовами вибухобезпеки шляхом одночасного рішення рівнянь (1.25, 1.26 або 1.27) [3].

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. Розв'язання практичного завдання (у вигляді рішення задачі), виданого викладачем, за своїм варіантом з розробленими протипожежними заходами.

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 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, міру використання знань, отриманих на інших дисциплінах і в ході самостійної роботи.

Техніка безпеки при роботі з лабораторним обладнанням

1. Всі роботи з приладами проводити лише під керівництвом викладача і в його присутності.

2. Забороняється доторкатись до струмоведучих частин пилової камери.

3. Забороняється безпосередньо вмикати фотопилімір 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. ДСТУ 8829:2019. Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація.

3. Михайлюк О.П., Олійник В.В., Сирих В.М. Теоретичні основи пожежної профілактики технологічних процесів та апаратів. - Практикум. - Харків.- НУЦЗУ, 2016.- 198 с.

4. Олійник В. В., Липовий В. О., Афанасенко К. А., Кальченко Я. Ю. Пожежна безпека технологічних процесів: навч. посіб. – НУЦЗУ, 2023. – 177 с.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2 ЗАПОБІГАННЯ УТВОРЕННЮ ГОРЮЧОГО СЕРЕДОВИЩА В АПАРАТАХ ПРИ ЇХ ПУСКУ ТА ЗУПИНЦІ

МЕТА РОБОТИ

1. Закріпити теоретичні знання з методики встановлення ступеню пожежовибухонебезпеки апаратів з горючими газами та рідинами;
2. Відпрацювати методику розрахункового визначення концентраційних меж поширення полум'я для горючих газів та рідин, методику розрахункового визначення фактичної концентрації газів та рідин в об'ємі апарату, 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 та необхідного часу вентилявання технологічних апаратів при їх підготовці до ремонту та розробки протипожежних заходів в повсякденній роботі інспекторського складу пожежної охорони;

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА РОБОТИ

Пожежі і вибухи на технологічних установках часто утворюються при очищенні і підготовці апаратів та установок до ремонту, а також у ході виконання ремонтних робіт. При відкриванні апаратів створюються умови вільного контакту 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 може стати полум'я пальників та розплавлений метал.

Тому Правила пожежної безпеки в Україні вимагають, щоб технологічне обладнання перед проведенням ремонтних вогневих робіт було приведено в пожежовибухобезпечний стан: лінії від'єднуються від діючого технологічного устаткування заглушками; апарати та трубопроводи звільнюються від продуктів, що знаходяться в них; устаткування розгерметизується шляхом відкривання всіх люків і лазів; зачищується від бруду і залишків продукту; пропарюється, промивається, провітрюється та охолоджується до температури навколишнього середовища.

Якщо за умовами технологічного процесу повне очищення апаратів вимагає значних матеріальних затрат та витрати часу, допускається проведення ремонтних робіт на технологічному обладнанні, яке не повністю звільнене від продукту, але при цьому повинні бути створені такі умови, при яких цей продукт (горюча рідина) не може спалахувати.

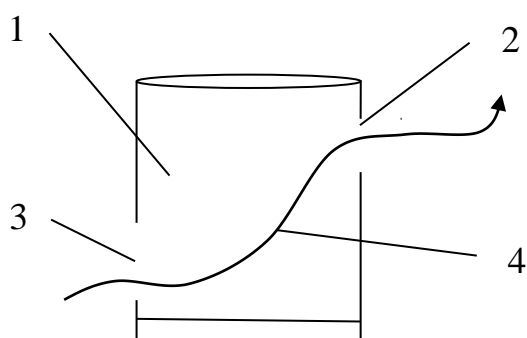
Для зменшення концентрації горючих парів та газів в технологічному обладнанні до безпечних меж застосовують наступні методи:

1. Використання природної вентиляції;
2. Використання примусової вентиляції;

- 3.Пропарювання апаратів;
- 4.Промивання апаратів водою або негорючими миючими розчинами;
- 5.Флегматизація середовища 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 та газів. Принципова схема провітрювання показана на рис. 1.



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

Рисунок 1 – Схема природної вентиляції (аерації) апарату.

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

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

2. Використання примусової вентиляції

Процес вентиляції технологічного апарату описується диференціальним рівнянням матеріального балансу:

$$Vd\varphi + q\varphi d\tau - q\varphi_n d\tau = \frac{W_{\text{вип}} S_{\text{вип}}}{\rho_3} d\tau \quad (1)$$

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

Для технологічних апаратів, в яких знаходяться горючі гази або пари горючих рідин, рівняння (1) приймає вид:

$$Vd\varphi + q\varphi d\tau = 0 \quad (2)$$

Вирішивши рівняння (2) відносно τ (при зміні φ від φ_0 до $\varphi_{p.без.}$), можна визначити тривалість процесу за формулою

$$\tau_{вент} = \frac{V}{q\theta} \ln \frac{\varphi_0}{\varphi_{p.без.}} \quad (3)$$

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

$\varphi_{p.без.}$ – гранично припустима концентрація горючого газу або парів в газовому просторі апарату при якій гарантується безпека під час проведення вогневих робіт, об.ч.;

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

$$\theta = 0,54 \left(\frac{q}{V} \right)^{0,132} \quad (4)$$

При примусовому вентиляванні 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, які 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 з газового простору апарата. При цьому концентрація парів швидко падає до заданих безпечних значень.

Початкова концентрація насичених парів в обладнанні визначається, як

$$\varphi_s = P_s / P_{заг} \quad (5)$$

де P_s – тиск насичених парів рідини при заданих умовах, кПа;

$P_{заг}$ – загальний тиск пароповітряної суміші, кПа;

Тиск насичених парів рідини при заданих умовах визначається з рівняння Антуана:

$$P_s = 10^3 \cdot 10^{\left(A - \frac{B}{Ca + t_p} \right)} \quad (6)$$

де A, B, Ca – константи рівняння Антуана для рідин;

t_p – температура рідини при заданих умовах, °С.

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

Тривалість кожного етапу вентиляювання визначається за формулою *для першого етапу:*

$$\tau_1 = \frac{V}{q} \ln \frac{W_1 - q\varphi_0}{W_1 - q\varphi_2} \quad (7)$$

для другого етапу:

$$\tau_2 = \frac{G_0}{q\varphi_2} = \frac{G_0}{W_2 - S_{\text{вип}}} \quad (8)$$

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

Тривалість третього етапу вентиляювання визначається за формулою (3).

Концентрація парів на кожному етапі провітрювання визначається

для першого етапу:

$$\varphi_1 = \frac{W_1 \cdot S_{\text{вип}}}{\rho_p q} - \left(\frac{W_1 \cdot S_{\text{вип}}}{\rho_p q} - \varphi_0 \right) \exp\left(-\frac{q}{V} \tau_1\right) \quad (9)$$

для другого етапу:

$$\varphi_2 = \frac{W_2 \cdot S_{\text{вип}}}{\rho_p q} \quad (10)$$

для третього етапу:

$$\varphi_3 = \varphi_0 \exp\left(-\frac{q}{V} \tau_3\right) \quad (11)$$

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

Інтенсивність випаровування рідини можна визначити за формулою:

$$W_{\text{вип}} = 10^{-6} \eta \sqrt{M P_s} \quad (12)$$

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 самого легкокиплячого.

Концентрація парів та тривалість першого і 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 багатоконпонентних рідин на будь-який час визначається за формулою:

$$W_2 = W_{\text{поч}} \exp(-a\tau) \quad (13)$$

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:

$$\tau_2 = \frac{1}{a} \ln \frac{W_{\text{поч}} S_{\text{вип}}}{\varphi_2 (\rho_p q - G_0 a)} \quad (14)$$

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

$$\varphi_2 = \frac{W_{\text{поч}} \cdot S_{\text{вип}}}{\rho_p q - aV} \exp(-a\tau) \quad (15)$$

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

$$\tau_{\text{вент}} = n \frac{V}{q} \ln \frac{\varphi_0}{\varphi_{\text{р.без}}} \quad (16)$$

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

3. Пропарювання апаратів

Вентилюванням повітрям при температурі навколишнього середовища можна видалити тільки летючі залишки рідини з температурою кипіння 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, при якій починають випаровуватись важкі залишки продукту.

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

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 + Q_4 \quad (17)$$

де Q_1 – тепломісткість пари, кДж кг⁻¹;

Q_2 – теплота, яка затрачується на випаровування рідини при температурі 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 апарату до температури пропарювання, кДж кг⁻¹.

4. Флегматизація середовища в апаратах інертними газами або водяною парою

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

Диференціальне рівняння матеріального балансу по газу флегматизатора має вигляд

$$Vd\varphi = q\varphi dt - q\varphi_n dt \quad (18)$$

Тривалість кожного етапу визначається за формулою:

$$\tau_{\text{вент}} = \frac{V}{q} \ln \frac{1}{1 - \varphi_{\text{флегм.}}} \quad (19)$$

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

5. Заповнення апарату піною

Для забезпечення пожежної безпеки резервуарів, що ремонтуються застосовують метод заповнення їх повітряно-механічною піною середньої або

високої кратності. Захисна дія повітряно-механічної піни полягає у витисненні парів горючої рідини й обмеженні припливу повітря в заповнений піною простір. Крім того, шар піни на поверхні горючої рідини зменшує, або повністю припиняє надходження парів з поверхні у повітряний простір апарату. Цей метод особливо ефективний, якщо резервуари мають горючі відкладення на стінках та коли час проведення очисних робіт обмежений.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Опис лабораторної установки та обладнання

Лабораторна установка включає в себе:

- 1- Повітродувку для подавання повітря;
- 2- Ротаметр 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 визначення пожежовибухонебезпеки апаратів з горючими рідинами.
2. Ознайомитись з лабораторною установкою.
3. Провести вимір геометричних розмірів моделі робочого апарату (Н, D) та вільний об'єм (V_в).
4. Виписати з довідників властивості, що характеризують пожежовибухонебезпеку речовини (ацетон, уайт-спірит, етанол) (молярну масу, густину, концентраційні та температурні межі поширення полум'я, константи Антуана).
5. Провести розрахунок нижньої припустимої концентрації парів рідини, яка забезпечує безпеку проведення робіт.
6. Визначити тиск насичених парів та фактичну концентрацію парів рідини при заданих умовах
7. Включити установку та по ротаметру визначають витрату повітря для продувки моделі апарату.
8. Розрахувати швидкість випаровування рідини.
9. Визначити масу ЛЗР, при якій концентрація парів в апараті досягне значень φ_H , φ_B , φ_S .
10. Зробити висновок про можливість утворення в апараті вибухонебезпечної концентрації.
11. Розрахувати час утворення в апараті концентрації, що дорівнює φ_H , φ_B , φ_S .

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

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

22. Провести порівняння фактичної концентрації парів після вентиляювання з розрахунковою безпечною концентрацією.
23. Зробити висновки щодо ступеню вибухопожежонебезпеки суміші та достатнього часу вентиляювання.

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, відп-

рацювання і захист лабораторної роботи проводиться під час консультацій або в інший час, встановлений викладачем, закріпленим за навчальною групою.

При виставленні оцінок враховувати вміння 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, міру використання знань, отриманих на інших дисциплінах і в ході самостійної роботи.

Техніка безпеки при роботі з лабораторним обладнанням

1. Всі роботи з приладами проводити лише під керівництвом викладача і в 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 апарату.

Література

1. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник в 2-х томах /А.Н. Баратов и др.
2. ДСТУ 8829:2019. Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація.
3. Михайлюк О.П., Олійник В.В., Сирих В.М. Теоретичні основи пожежної профілактики технологічних процесів та апаратів. - Практикум. - Харків.- НУЦЗУ, 2016.- 198 с.
4. Олійник В. В., Липовий В. О., Афанасенко К. А., Кальченко Я. Ю. Пожежна безпека технологічних процесів: навч. посіб. – НУЦЗУ, 2023. – 177 с.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3 ВИЗНАЧЕННЯ РЕЖИМУ АВАРІЙНОГО ЗЛИВУ ЛЕГКОЗАЙМИСТИХ РІДИН

МЕТА РОБОТИ

1. Оволодіти методами теоретичних розрахунків і експериментальних досліджень з визначення режиму аварійного зливу легкозайmistих рідин;
2. Набути навичок аналізу, узагальнення і обробки отриманих розрахункових даних, а також досвіду роботи з проектування систем аварійного зливу легкозайmistих рідин на діючих 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 курсантами практичних розрахунків системи аварійного зливу за варіантом, що видається викладачами.

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

За варіантом, що видається викладачем, провести розрахунок системи аварійного зливу ЛЗР, використовуючи методику розрахунку:

- записати вихідні дані для розрахунку за варіантом;
- провести розрахунки основних параметрів системи і режиму аварійного зливу за методикою

За результатами проведених розрахунків обрати потрібні параметри системи аварійного зливу, перевірити їх відповідність вимогам нормативних документів, розробити протипожежні заходи по забезпеченню нормативного режиму аварійного зливу та занести їх до лабораторного журналу.

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО РОЗРАХУНКУ

Провести перевіряючий розрахунок системи аварійного зливу самопливом з вертикального циліндричного апарату, що наведена на рисунку. При необхідності запропонувати обґрунтовані розрахунком заходи, що забезпечують умови виконання аварійного зливу. Вид рідини – ацетон, робоча температура, $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$, густина $\rho_t = 790,5\text{ кг/м}^3$, 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.

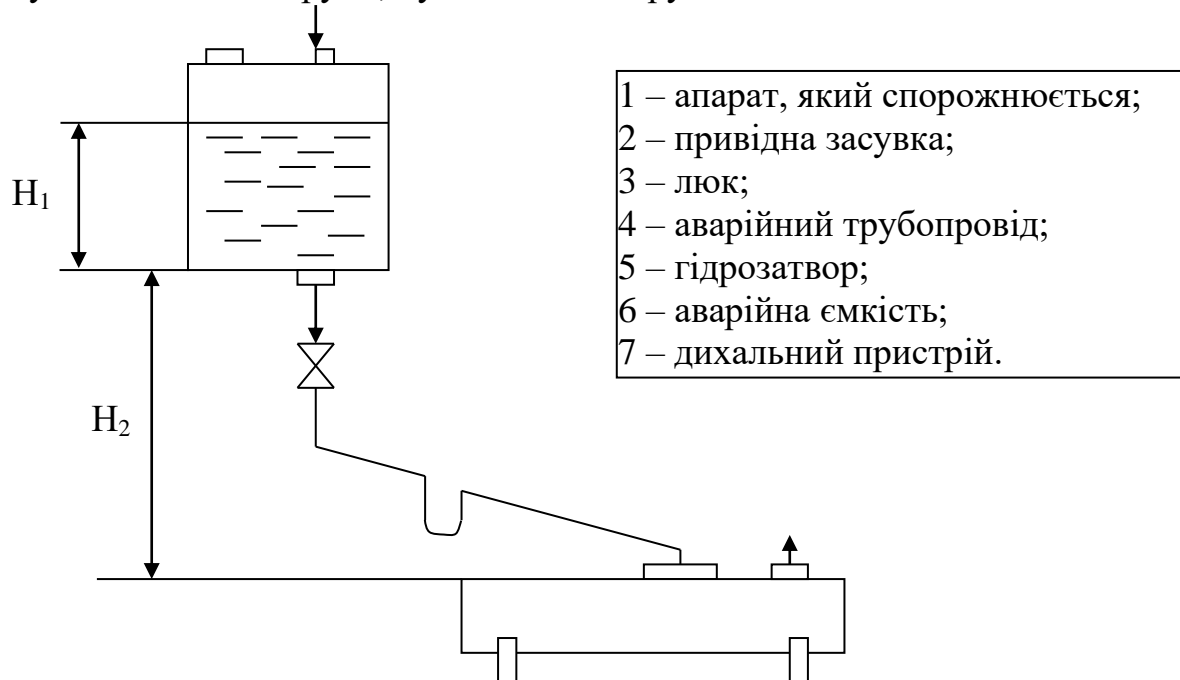


Рисунок 1 — Схема аварійного зливу рідини самопливом з апарата з постійним за висотою перерізом

Рішення:

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

а) для першої ділянки трубопроводу довжиною $L = 5,5 \text{ м}$ [3] коефіцієнти місцевих опорів складуть:

- вхід у зливу трубу $\xi_{\text{вх}} = 0,2$
- повністю відкрита засувка $\xi_3 = 0,5$;
- коліно трубопроводу (при $\alpha = 120^\circ \text{C}$) $\xi_{\text{к}} = 0,55$;
- гідрозатвор $\xi_{\text{г}} = 3$;

б) для другої ділянки довжиною $L = 3 \text{ м}$ коефіцієнти місцевих опорів складуть:

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

2. Визначаємо сумарний коефіцієнт місцевих опорів:

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

де N_i – кількість місцевих опорів одного виду; n — число видів місцевих опорів

3. Визначаємо максимально допустиму тривалість аварійного спорожнення апарату:

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

де $[\tau]_{\text{зл}}$ – допустима тривалість аварійного зливу, с. Відповідно до вимог нормативних документів, а саме ВБН. В. 2.2 – 58 – 1 – 94 “Проектування складів нафти та нафтопродуктів з тиском насичених парів не вище 93,3 кПа” приймається не більше 900 с;

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

4. Визначаємо коефіцієнт витрати системи аварійного зливу:

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

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 апараті, м³;

H_1 та H_2 – відстань від рівня рідини в апараті на початку зливу до вихідного перерізу аварійного трубопроводу (H_1) та від випускного отвору апарату до вихідного перерізу аварійного трубопроводу в аварійній ємкості (H_2), м.

Таким чином, задані за умовами задачі труби відповідають розрахунковим значенням, а також вимогам нормативних документів.

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

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

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

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

8. Визначаємо значення критерію Рейнольдса

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

де μ_t – динамічний коефіцієнт в’язкості рідини, Па·с, за таблицею 11 дод Б Практикуму "Теоретичні основи пожежної профілактики технологічних процесів та апаратів" [2].

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

$$\lambda = 64/Re = 64 / 490,575 = 0,13$$

10. Визначаємо коефіцієнт опору системи

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

де Li – довжина i -ї ділянки трубопроводу, м.

11. Визначаємо уточнене значення коефіцієнта витрати системи:

$$\phi'_{\text{сист}} = \sqrt{\frac{1}{1 + \xi_{\text{сист}}}} = \sqrt{\frac{1}{1 + 16,85}} = 0,237$$

12. Визначаємо помилку при оцінці коефіцієнта витрати системи:

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

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

13. Визначаємо тривалість спорожнення апарату:

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

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:

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

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 враховуються вміння 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, міру використання знань, отриманих на інших дисциплінах і в ході самостійної роботи.

Техніка безпеки та пожежна безпека при виконанні лабораторної роботи

1. Кількість рідини обмежується 30 л.
2. Роботу проводять за умов працюючої каналізації.
3. Необхідно дотримуватись акуратності та обережності при заповненні судини рідиною.

Література

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

2. Михайлюк О.П., Олійник В.В., Сирих В.М. Теоретичні основи пожежної профілактики технологічних процесів та апаратів. - Практикум. – Харків.- НУЦЗУ, 2016. – 198 с.

3. Олійник В. В., Липовий В. О., Афанасенко К. А., Кальченко Я. Ю. Пожежна безпека технологічних процесів: навч. посіб. – НУЦЗУ, 2023. – 177 с.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

ПОЖЕЖНА НЕБЕЗПЕКА АВАРІЙНОГО РОЗЛИВУ ЛЕГКОЗАЙМИСТИХ ТА 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 ЛЗР та ГР на розтікання.

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА РОБОТИ

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

ЛЗР – легкозаймісті 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) приводить 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 та будівель за вибухопожежною та пожежною безпекою. Але нажаль, в довідниках з пожежної безпеки речовин та матеріалів дані про розтікання рідин відсутні. Тому при визначенні категорії приміщень і будівель за вибухопожежною та пожежною безпекою керуються прийнятими наступними наближеними рекомендаціями: площа випаровування, за умов вільного розливу рідини на підлозі, буде

дорівнювати площі, яка визначається (за відсутністю довідкових даних), виходячи з розрахунку, що 1 л сумішей або розчинів, що містять 70% (за масою) розчинників, розливається на 0,5 м², а в інших випадках на 1 м² підлоги приміщення. Більш точні характеристики розливу небезпечних рідин можна отримати експериментальним шляхом.

В цій роботі здобувачам вищої освіти 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):

$$F = S \cdot V \quad (1)$$

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 (1) прийме вид:

$$\Phi_0 = S_0 \cdot V_p \quad (2)$$

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 площі кола і розрахувавши з цього рівняння діаметр. Так, для випадку розливу рідини на склі маємо:

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

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

При розливі об'єму рідини на реальній поверхні підлоги (лінолеумі, цементі, кахель 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_Φ , що показує, яку частку складає розтікання S на даній поверхні від розтікання на склі S_0 :

$$K_\Phi = \frac{S}{S_0}, \quad (5)$$

Якщо відомі розтікання на склі S_0 , коефіцієнт впливу властивостей матеріалу K_Φ та об'єм розлитої рідини, площу розливу Φ можна визначити за формулою:

$$\Phi = K_\Phi \cdot S_0 \cdot V \quad (6)$$

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

$$\delta_0 = \frac{1}{S_0} \quad (7)$$

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Опис лабораторної установки

Лабораторна установка (рис.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.

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 мілі-

метрового паперу, або методом зважування на точних вагах, або за допомогою планиметру.

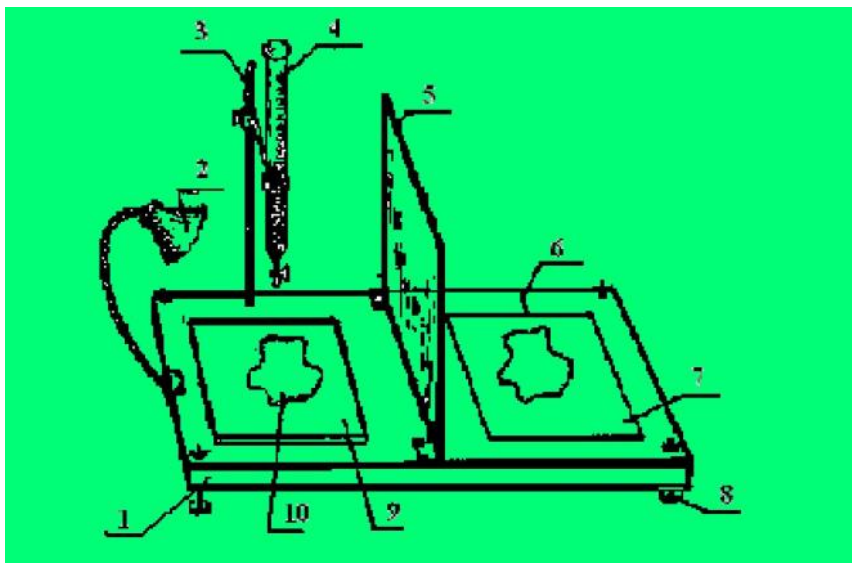


Рисунок 1 - Лабораторна установка:

1 - стіл; 2 - джерело освітлення (лампа); 3 – штатив; 4 – бюретка; 5 - скло; 8 – регулюючий гвинт

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 зачекати до завершення розтікання (1хв.).

7. Перенести окреслення контуру рідини на міліметровий папір або на кальку (за вказівкою викладача), для чого розташувати його на іншій стороні столу: включити 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 досліді.

11. За експериментальними даними побудувати два графіка:

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

$\Phi = \phi(V)$ - для розливу рідини по реальній поверхні.

ОБРОБКА ТА ОФОРМЛЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДІВ

1. Експериментальні дані дослідів заносять до таблиці:

Експериментальні дані

Параметри аварійного розливу рідини	Номер дослідів				
	1	2	3	4	5
Об'єм рідини, що розтікається по склу ($V \cdot 10^{-6}$), м ³					
Площа розтікання рідини по склу ($\Phi_0 \cdot 10^4$), м ²					
Об'єм рідини, що розтікається по _____ ($V \cdot 10^{-6}$), м ³					
Площа розтікання рідини по _____ ($\Phi_0 \cdot 10^4$), м ²					

2. Розтікання S_0 та S визначається як тангенс кута нахилу прямих:

$\Phi_0 = \Psi(V)$ - при розливі на склі;

$\Phi = \phi(V)$ - при розливі по реальній поверхні.

3. Товщина плівки (σ_0 та σ) визначається за формулою (7):

4. Коефіцієнт впливу властивостей матеріалу та поверхні на розтікання рідини визначається за формулою (5).

5. Результати обробки експериментальних даних занести до таблиці.

Параметри, що характеризують розтікання рідини	Розтікання по	
	склу	_____
Розтікання рідини, м ² /м ³	$S_0 =$	$S =$
Товщина плівки, м	$\sigma_0 =$	$\sigma =$
Діаметр еквівалентного кола, м	$d_0 =$	$d =$
Коефіцієнт впливу властивостей матеріалу поверхні на розтікання рідини		$K_\phi =$

Техніка безпеки та пожежна безпека при виконанні лабораторної роботи

1. Кількість ЛЗР та ГР становить 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. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник в 2-х томах /А.Н. Баратов и др.
2. ДСТУ 8829:2019. Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація.
3. Михайлюк О.П., Олійник В.В., Сирих В.М. Теоретичні основи пожежної профілактики технологічних процесів та апаратів. - Практикум. - Харків.- НУЦЗУ, 2016.- 198 с.
4. Олійник В. В., Липовий В. О., Афанасенко К. А., Кальченко Я. Ю. Пожежна безпека технологічних процесів: навч. посіб. – НУЦЗУ, 2023. – 177 с.

Навчальне видання

ПОЖЕЖНА ПРОФІЛАКТИКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Методичні вказівки

до виконання лабораторних робіт

Для здобувачів вищої освіти,
які навчаються на **першому** (бакалаврському) рівні
в галузі знань 26 «Цивільна безпека»
за спеціальністю 261 «Пожежна безпека»
(освітньо-професійні програми: «Пожежна безпека»,
«Аудит пожежної та техногенної безпеки»,
«Пожежогасіння та аварійно-рятувальні роботи»

Підписано до друку 11.09.2024. Формат 60x84 1/16.

Умовн.-друк. арк. 2,0.

Вид. № 38/24.

Сектор редакційно-видавничої діяльності
Національного університету цивільного захисту України
61023 м. Харків, вул. Чернишевська, 94.

www.nuczu.edu.ua