

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ**

**Кафедра пожежної і техногенної безпеки об'єктів та технологій**

**ПОЖЕЖНА ПРОФІЛАКТИКА  
ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ**

**ЛАБОРАТОРНИЙ ЖУРНАЛ**

**Харків 2024**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ**

**Кафедра пожежної і техногенної безпеки об'єктів та технологій**

# **ПОЖЕЖНА ПРОФІЛАКТИКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ**

**ЛАБОРАТОРНИЙ ЖУРНАЛ**

навчальна група \_\_\_\_\_

прізвище \_\_\_\_\_

**Харків 2024**

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: лабораторний журнал. / Укладачі: В.В. Олійник, В.О. Липовий, Н.В. Саєнко. – Х.: НУЦЗУ, 2024. – 28 с.

Методичні вказівки до оформлення 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

Лабораторна робота №1. Визначення вибухонебезпечної концентрації горючого пилю в апараті та розробка профілактичних заходів проти її утворення.....	4
Лабораторна робота №2. Запобігання утворенню горючого середовища в апаратах при їх пуску та зупинці.....	11
Лабораторна робота № 3. Визначення режиму аварійного зливу легкозаймистих та горючих рідин .....	16
Лабораторна робота № 4. Пожежна небезпека аварійного розливу легкозаймистих I горючих рідин .....	24

## 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 здобувачів вищої освіти культуру мовлення, а також дотримання дисципліни на занятті.

#### 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.

#### 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 дослідів 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:

$$\varphi'_p = \frac{\sum_{i=1}^n \varphi_i}{n}, \text{ Г/М}^3 \quad (1.1)$$

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

$$m_{зав} = V_v \cdot \varphi'_p \quad (1.2)$$

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

$$K_3 = \frac{m_{зав}}{m_{заг}} \quad (1.3)$$

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 пожежовибухобезпеки середовища під час експлуатації апаратів з горючим пилом. За результатами лабораторної роботи зробити висновок.

17. Результати лабораторної роботи записати до лабораторного журналу.

## **ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА**

### **Опис лабораторної установки**

Лабораторна установка включає в себе:

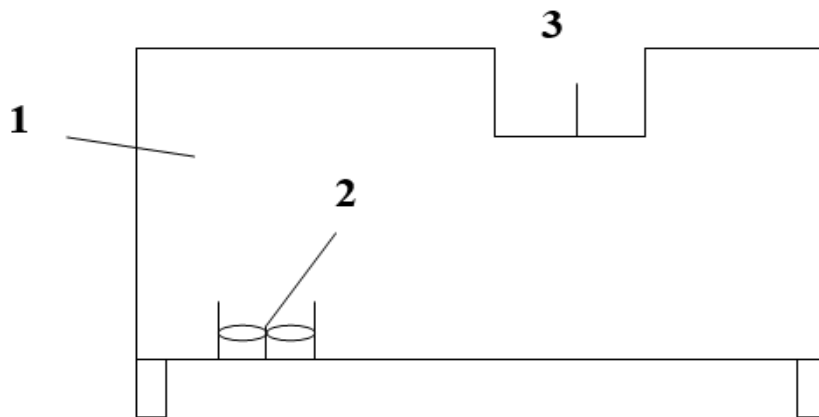
- 1) дослідну камеру (пилову камеру);
- 2) фотопиломір;
- 3) ваги лабораторні.

### 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 пилoměра.

Розміри камери 200 × 300 × 165 мм, загальний об'єм  $V \approx \text{---}$  см<sup>3</sup>. Матеріал корпусу камери — плексиглас. 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 пилoměра.

### Фотопиломір $\Phi - 1$

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 <sup>3</sup> з точністю $\pm 0,5$ г/м <sup>3</sup> – від 0 до 1,5 г/м <sup>3</sup> з точністю $\pm 0,05$ г/м <sup>3</sup>	
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 регулювання;
- 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, відградуваною в грамах на  $1 \text{ м}^3$  повітря.

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

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 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  $40 \text{ }^\circ\text{C}$  і відносній вологості повітря до  $90 \%$ .

## 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/м<sup>3</sup>,  $\varphi_n$  прийняти за табл. 1.6 [2],  $\varphi_{зав} = 10 \% \times \varphi_n$ , 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 колектора  $V_k$ , інтенсивність утворення відкладень пилу  $I_{від}$ , та  $\varphi_n$  прийняти за варіантом по таблиці 1.6 [2].

### Методика розв'язання задачі

#### 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 розв'язання рівняння (1.26) [2].

### 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. – Харків: НУЦЗУ. 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.1.1-36:2017. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною і пожежною небезпекою.

## 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 здобувачів вищої освіти з викладачем за результатами виконаних лабораторних дослідів та практичних розрахунків, а також за матеріалом вивченої 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 здобувачів вищої освіти 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.

Всі експериментальні дані та результати розрахунків вносяться до таблиці.

Номер дослідів	Маса наважки пилу, г	Маса осілого пилу, г	Максимальна концентрація пилу в об'ємі камери, г/м <sup>3</sup> (розрахункова)	Фактична концентрація пилу, г/м <sup>3</sup> (за результатами експерименту)	Маса пилу в завислому стані, г (за результатами експерименту)	Фактична частка пилу, що переходить у завислий стан, об.ч.	НКМПП, г/м <sup>3</sup>	Об'єм камери, м <sup>3</sup>
1.								
2.								
3.								



## 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.

#### 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.

#### 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 (H, D) та вільного об'єму апарата ( $V_B$ ).
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 ротаметром 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  $\varphi_n$ ,  $\varphi_b$ ,  $\varphi_s$ .
10. Зробити висновок про можливість утворення в апараті вибухонебезпечної концентрації парів рідини.
11. Розрахувати тривалість утворення в апараті концентрації парів рідини, що дорівнює  $\varphi_n$ ,  $\varphi_b$ ,  $\varphi_s$ .
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  $n$ .
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:

$$\varphi_p = N \frac{\varphi_{n, \text{реч.}}}{\varphi_{n, \text{CH}_4}}, \% \text{ НКМПП} \quad (2.1)$$

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.

## **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.

### **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., 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. – Харків: НУЦЗУ. 2016. – 198 с.

## **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 здобувачів вищої освіти 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 здобувачів вищої освіти са-

можливо 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.

Результати спостережень записати до таблиці:

Номер дослідів	Тиск насичених парів, Па	Фактична концентрація, %	Витрата повітря по ротаметру	Швидкість випаровування рідини, м/с	Маса рідини для утворення $\Phi_n, \text{г}$	Маса рідини для утворення $\Phi_v, \text{г}$	Маса рідини для утворення $\Phi_s, \text{г}$	Тривалість продувки, сек
1								
2								
3								
4								



**Висновки:** \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_





## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

### ВИЗНАЧЕННЯ РЕЖИМУ АВАРІЙНОГО ЗЛИВУ ЛЕГКО- ЗАЙМИСТИХ ТА ГОРЮЧИХ РІДИН

#### МЕТА РОБОТИ

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

#### 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.

#### ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

Лабораторна робота проводиться у 2 етапи:

*Перший етап - розрахункова частина.* Проводиться в аудиторії шляхом виконання здобувачами вищої освіти 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 3.1. За необхідності запропонувати обґрунтовані розрахунком заходи, що забезпечують умови виконання аварійного зливу. Вид рідини - ацетон, робоча температура,  $t_p = 20^\circ\text{C}$ , 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.

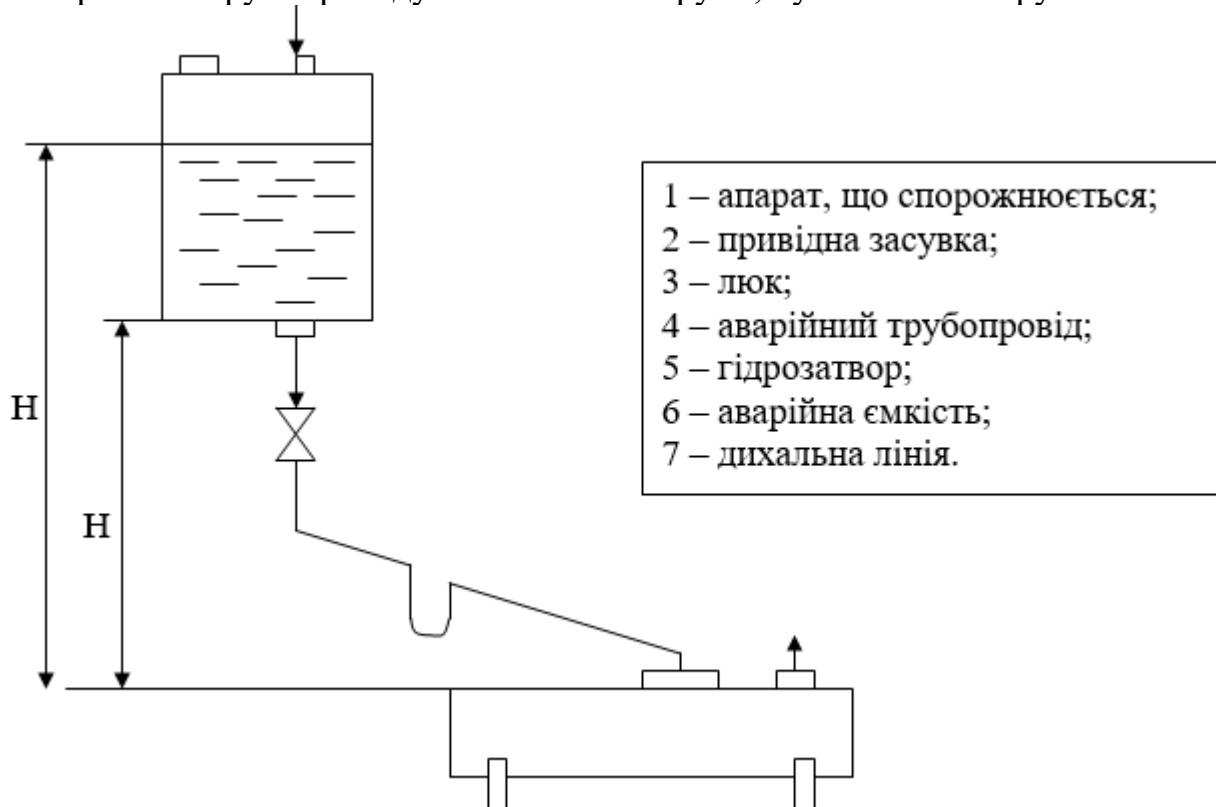


Рисунок 3.1 – Схема аварійного зливу рідини самопливом з апарата з постійним за висотою перерізом

### 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. 19 [2]):

- 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) визначаємо коефіцієнти місцевих опорів для другої ділянки трубопроводу довжиною  $L = 3$  м. (табл. 19 [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:

$$\xi_c = \sum N_i \cdot \xi_i = 1 \cdot 0,2 + 1 \cdot 0,5 + 2 \cdot 0,55 + 1 \cdot 3 + 1 \cdot 1 = 5,8 \quad (3.1)$$

де  $N_i$  – кількість місцевих опорів одного виду;

$n$  – число видів місцевих опорів

4. Визначаємо максимально допустиму тривалість аварійного спорожнення резервуара:

$$\tau_{\text{сп.м}} = [\tau]_{\text{зл}} - \tau_{\text{опер}} = 900 - 300 = 600 \text{ с} \quad (3.2)$$

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:

$$\varphi_{\text{сист}} = \sqrt{\frac{1}{1 + 3\xi_c}} = \sqrt{\frac{1}{1 + 3 \cdot 5,8}} = 0,233 \quad (3.3)$$

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,  $\text{м}^3$ ;

$H_1$  – 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 патрубку резервуара:

$$f_{\text{тр}} = f_{\text{вих}} = 0,785d_{\text{вн}}^2 = 0,785 \cdot 0,1^2 = 0,00785 \text{ м}^2 \quad (3.4)$$

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

$$\omega = 2,22 \cdot \varphi_{\text{сист}} \cdot (\sqrt{H_1} + \sqrt{H_2}) = 2,22 \cdot 0,233 \cdot (\sqrt{5,5} + \sqrt{3}) = 2,11 \text{ м/с} \quad (3.5)$$

8. Визначаємо значення критерію Рейнольдса:

$$Re = \omega \cdot d_{\text{вн}} \cdot \rho_t / \mu_t = 2,11 \cdot 0,1 \cdot 790,5 / 0,34 = 490,575 \quad (3.6)$$

де  $\mu_t$  – динамічний коефіцієнт в'язкості рідини, Па·с,  $\mu_t = 0,34$ . (табл. 12 [2]).

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

$$\lambda = 64/Re = 64 / 490,575 = 0,13 \quad (3.7)$$

10. Визначаємо коефіцієнт опору системи:

$$\xi_{\text{сист}} = \xi_c + (\lambda / d_{\text{вн}}) \cdot \sum L_i = 5,8 + (0,13 / 0,1) \cdot (5,5 + 3) = 16,85 \quad (3.8)$$

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

11. Визначаємо уточнене значення коефіцієнта витрати системи:

$$\varphi'_{\text{сист}} = \sqrt{\frac{1}{1 + \xi_{\text{сист}}}} = \sqrt{\frac{1}{1 + 16,85}} = 0,237 \quad (3.9)$$

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,  $\text{м}^2$ .

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.

### 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. – Харків: НУЦЗУ. 2016. – 198 с.

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

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

## 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 здобувачів вищої освіти 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.





## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

### 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 легкозайmistих і горючих рідин.

#### 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.

#### ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

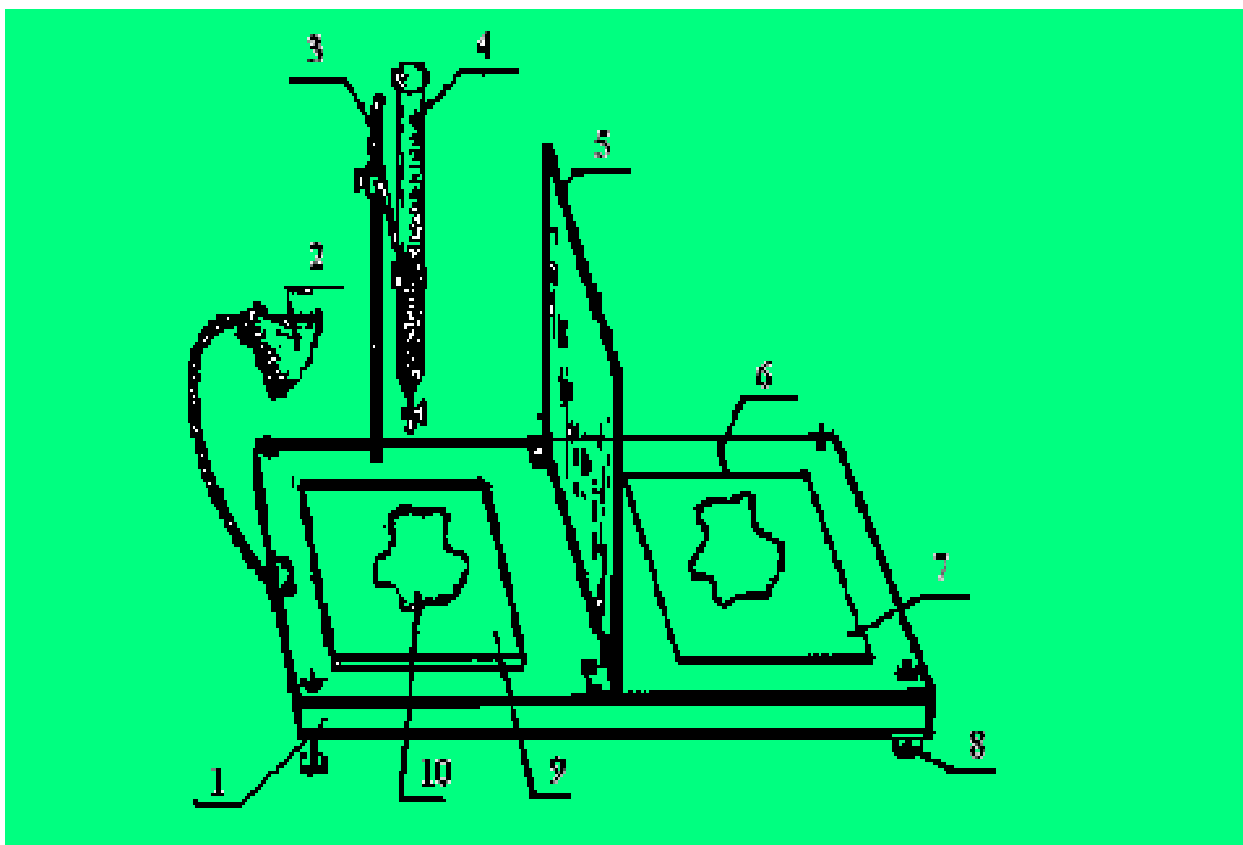
1. Вивчити параметри, що характеризують розтікання горючих рідин по твердим поверхням: розтікання, максимальне розтікання, товщина плівки, діаметр еквівалентного кола, коефіцієнт впливу властивостей поверхні.
2. Ознайомитись з влаштуванням лабораторної установки.
3. Отримати у викладача або лаборанта 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:
  - $\Phi_0 = \Psi(V)$  – для розливу рідини по склу;
  - $\Phi = \phi(V)$  – для розливу рідини по реальній поверхні.

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

### Опис лабораторної установки

Лабораторна установка (рис. 4.1) 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. 4.1 – 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 розливої 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 планиметру.

### 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. – 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.

## 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 здобувачів вищої освіти 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 здобувачів вищої освіти 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.

Результати спостережень записати в таблицю:

Номер досліджу	Площа розливу, м <sup>2</sup>	Діаметр або радіус кола, м	Коефіцієнт частки розтікання	Коефіцієнт властивостей матеріалу	Товщина шару рідини, м	Об'єм рідини, м <sup>3</sup>	Час розтікання, сек
1							
2							
3							
4							
5							



**Висновок:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

---

---

---

---

---

---

---

---

---

(Особистий підпис)

---

(відмітка)

---

(Підпис викладача)

*Навчальне видання*

**ПОЖЕЖНА ПРОФІЛАКТИКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ**

**Лабораторний журнал**

Підписано до друку 11.09.2024. Формат 60x84 1/16.  
Умовн.-друк. арк. 1,6.  
Вид. № 37/24.

Сектор редакційно-видавничої діяльності  
Національного університету цивільного захисту України  
61023 м. Харків, вул. Чернишевська, 94.  
[www.nuczu.edu.ua](http://www.nuczu.edu.ua)