

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до організації самостійної роботи та проведення практичних занять
із навчальної дисципліни

«ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ»

*(для студентів усіх форм навчання першого (бакалаврського) рівня вищої
освіти за спеціальністю 263 – Цивільна безпека, освітня програма
«Цивільний захист»)*

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2021

Методичні рекомендації до організації самостійної роботи та проведення практичних занять із навчальної дисципліни «Пожежна безпека технологічних процесів» (для студентів усіх форм навчання першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 263 – Цивільна безпека, освітня програма «Цивільний захист») / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : П. А. Білим, І. С. Глушенкова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 42 с.

Укладачі: канд. хім. наук, доц. П. А. Білим
канд. техн. наук, доц. І. С. Глушенкова

Рецензент

А. С. Рогозін, кандидат технічних наук, доцент Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

*Рекомендовано кафедрою охорони праці та безпеки життєдіяльності,
протокол № 1 від 25.08.2020.*

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Практичні заняття.....	5
Практичне заняття 1 Визначення пожежонебезпечних параметрів електричних іскор (крапель металів).....	5
Практичне заняття 2 Визначення категорії акумуляторного приміщення за вибухопожежною та пожежною небезпекою.....	9
Практичне заняття 3 Розрахунок необхідного часу евакуації із приміщення підготовчого цеху льонокомбінату у випадку пожежі.....	14
Практичне заняття 4 Визначення площі легко скидальної конструкції у виробничому приміщенні для випадку утворення пароповітряної вибухонебезпечної суміші.....	21
Практичне заняття 5 Пожежна безпека процесів ректифікації.....	31
Практичне заняття 6 Пожежна безпека хімічних реакторів.....	35
2 Самостійна робота.....	40
Список рекомендованих джерел.....	41

ВСТУП

Захист промислових підприємств від пожеж та вибухів нерозривно пов'язаний із вивченням пожежовибухонебезпеки технологічних процесів. Без виявлення причин виникнення і поширення пожежі не можна провести якісне пожежно-технічне обстеження, пожежно-технічну експертизу проектних матеріалів, розслідувати пожежі й вибухи, розробити ефективний протипожежний захист промислових та сільськогосподарських об'єктів.

Сучасні промислові підприємства – це підприємства з безперервним замкнутим технологічним циклом, із високопродуктивним технологічним обладнанням. На цих об'єктах різноманітні технологічні процеси нерідко здійснюються в одному великому цеху, на одній виробничій лінії, з концентрацією на обмеженій ділянці великої кількості пожежовибухонебезпечних речовин та матеріалів.

Метою викладання навчальної дисципліни «Пожежна безпека технологічних процесів» є навчання студентів оцінювати пожежну небезпеку технологічних процесів виробництва, розробляти заходи пожежної профілактики, визначати категорії приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою.

Основними завданнями вивчення дисципліни є оволодіння методикою визначення пожежовибухонебезпеки середовища в апаратах та у виробничих приміщеннях при нормальній експлуатації технологічного обладнання, методикою визначення пожежовибухонебезпеки середовища на виробництві при аваріях та пошкодженнях технологічного обладнання, виробничих джерел запалювання та можливих причин і умов їх виникнення, вивчення умов та шляхів поширення пожежі на виробництві.

Предметом вивчення дисципліни є визначення основ пожежовибухонебезпеки процесів та апаратів, методики оцінки пожежної небезпеки та методів забезпечення пожежовибухонебезпеки технологічних процесів виробництва.

1 ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ

Практичне заняття 1 Визначення пожежонебезпечних параметрів електричних іскор (крапель металів)

Мета – оволодіти навичками визначення кількості теплоти, яку крапля метала здатна віддати горючому середовищу при охолодженні до температури його самозаймання.

Зміст роботи

Електричні іскри (краплі металу) утворюються при короткому замиканні електропроводки, електрозварюванні та при плавленні електродів електричних ламп розжарювання загального призначення.

Розмір крапель металу при цьому досягає 3 мм (при стельовому зварюванні – 4 мм). При короткому замиканні й під час електрозварювання частинки вилітають у всіх напрямках і їхня швидкість не перевищує 10 та $4 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ відповідно.

Температура крапель залежить від виду металу й дорівнює температурі плавлення. Температура крапель алюмінію при короткому замиканні досягає $2\,500\text{ }^{\circ}\text{C}$, температура зварювальних частин і нікелевих частин ламп розжарювання досягає $2\,100\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Розмір крапель при різанні металу досягає 15–26 мм, швидкість – $1 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$, температура – $1\,500\text{ }^{\circ}\text{C}$. Температура дуги при зварюванні та різанні досягає $4\,000\text{ }^{\circ}\text{C}$, тому дуга є джерелом займання всіх горючих речовин.

Зона розльоту частин при короткому замиканні залежить від висоти розташування дроту, початкової швидкості польоту частин, кута вильоту й має імовірнісний характер.

При висоті розташування дроту 10 м імовірність потрапляння частин на відстань 9 м становить 0,06; 7 м – 0,45 та 5 м – 0,92; при висоті розташування 3 м імовірність потрапляння часток на відстань 8 м становить 0,01, 6 м – 0,29 і 4 м – 0,96, а при висоті 1 м імовірність розльоту часток на 6 м – 0,06, 5 м – 0,24, 4 м – 0,66 і 3 м – 0,99.

Завдання

1. Вивчити положення пункту 3 додатка 3 до ГОСТ 12.1.004–91. ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.

2. Навести вихідні дані згідно зі своїм варіантом у вигляді таблиці 1.1 (значення, що вже внесені до таблиці, є однаковими для всіх варіантів).

Таблиця 1.1 – Вихідні дані

Назва параметра, його позначення та розмірність	Значення параметра
Метал, крапля якого розлітається	
Горюча речовина, у бік якої летить крапля металу	
Прискорення вільного падіння g , $\text{м} \cdot \text{с}^{-2}$	9,81
Висота падіння краплі H , м	
Діаметр краплі d_k , м	
Температура краплі на початку польоту $T_{\text{поч}}$, К	
Щільність металу ρ_k , $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$	
Температура плавлення металу $T_{\text{пл}}$, К	
Питома теплоємність розплавлення металу C_p , $\text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$	
Питома теплота кристалізації металу $C_{\text{кр}}$, $\text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1}$	
Температура самозаймання горючої речовини $T_{\text{сп}}$, К	
Температура повітря у приміщенні T_0 , К	
Коефіцієнт теплопровідності повітря λ_n , $\text{Вт} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$	$2,2 \cdot 10^{-2}$
Коефіцієнт кінематичної в'язкості повітря λ_v , $\text{м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$	$1,51 \cdot 10^{-2}$

3. Визначити кількість теплоти, яку крапля металу здатна віддати горючому середовищу при охолодженні до температури його самозаймання.

Порядок виконання завдання

1. Визначається середня швидкість польоту краплі при вільному падінні:

$$\omega_k = 0,5 \sqrt{2 \cdot g \cdot H}, \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}. \quad (1.1)$$

2. Визначається час польоту краплі:

$$\tau = \frac{H}{\omega_k}, \text{ с}. \quad (1.2)$$

3. Визначається об'єм краплі:

$$V_k = \frac{\pi d_k^3}{6} = 0,524 \cdot d_k^3, \text{ м}^3. \quad (1.3)$$

4. Визначається маса краплі:

$$m_k = V_k \cdot \rho_k, \text{ кг}. \quad (1.4)$$

5. Визначається площа поверхні краплі:

$$S_k = 0,785 \cdot d_k^2, \text{ м}^2. \quad (1.5)$$

6. Визначається число Рейнольдса:

$$Re = \frac{\omega_k \cdot d_k}{\lambda_\theta}. \quad (1.6)$$

7. Визначається критерій Нуссельта:

$$Nu = 0,62 \cdot Re^{0,5}. \quad (1.7)$$

8. Визначається коефіцієнт тепловіддачі:

$$\alpha = \frac{Nu \cdot \lambda_n}{d_k}, \text{ Вт} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{К}^{-1}. \quad (1.8)$$

9. Визначається час польоту краплі у розплавленому стані:

$$\tau_p = \frac{C_p \cdot m_k}{\alpha \cdot S_k} \cdot \ln \frac{T_{\text{ноч}} - T_0}{T_{\text{пл}} - T_0}, \text{ с}. \quad (1.9)$$

10. Визначається час польоту краплі, протягом якого здійснюється її кристалізація:

$$\tau_{\text{кр}} = \frac{m_k \cdot C_{\text{кр}}}{\alpha \cdot S_k \cdot (T_{\text{пл}} - T_0)}, \text{ с}. \quad (1.10)$$

11. Визначається кінцева температура краплі:

$$T_{\text{кін}} = \begin{cases} T_0 + (T_{\text{ноч}} - T_0) \cdot \exp \left(-\frac{\alpha \cdot S_k}{C_p \cdot m_k} \cdot \tau \right), K, \text{ якщо } \tau \leq \tau_p; \\ T_{\text{пл}}, K, \text{ якщо } \tau_p < \tau \leq (\tau_p + \tau_{\text{кр}}); \\ T_0 + (T_{\text{пл}} - T_0) \cdot \exp \left\{ -\frac{\alpha \cdot S_k}{C_{\text{кр}} \cdot m_k} \cdot [\tau - (\tau_p + \tau_{\text{кр}})] \right\}, K, \\ \text{якщо } \tau > (\tau_p + \tau_{\text{кр}}). \end{cases} \quad (1.11)$$

12. Визначається кількість тепла, що віддається краплею метала горючій речовині, на яку вона потрапила:

$$W = V_k \cdot \rho_k \cdot C_{kr} \cdot (T_{кін} - T_{сн}), \text{ Дж.} \quad (1.12)$$

Контрольні питання

1. За яких умов утворюються електричні іскри (краплі металу)?
2. Від чого залежить температура крапель?
3. Назвіть приклади температур для крапель різних металів.
4. Що є джерелом запалювання всіх горючих речовин?
5. Від чого залежить зона розльоту частин при короткому замиканні?

Практичне заняття 2 Визначення категорії акумуляторного приміщення за вибухопожежною та пожежною безпекою

Мета – оволодіти навичками визначення категорії акумуляторного приміщення для заряджання акумуляторних батарей СК-4 та СК-1.

Зміст роботи

Загальні відомості

Категорія за вибухопожежною та пожежною безпекою приміщення – класифікаційна характеристика вибухопожежної та пожежної небезпеки приміщення, що визначається кількістю та пожежовибухонебезпечними властивостями речовин і матеріалів, які знаходяться (обертаються) в них, з урахуванням особливостей технологічних процесів розміщених у них виробництв.

За вибухопожежною та пожежною безпекою приміщення поділяють на категорії А, Б, В, Г і Д.

Категорії приміщень за вибухопожежною та пожежною безпекою визначають для найбільш несприятливого щодо виникнення пожежі або вибуху періоду відповідно до виду горючих речовин і матеріалів, які знаходяться (обертаються) в апаратах і приміщеннях, їх кількості, пожежонебезпечних властивостей, особливостей технологічних процесів.

Визначати категорію приміщень потрібно послідовно за низхідною – від більш вибухопожежонебезпечної категорії А до Д.

Категорії приміщень за вибухопожежною та пожежною безпекою приймаються відповідно до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Категорії приміщень за вибухопожежною та пожежною безпекою

Категорія приміщення	Характеристика речовин і матеріалів, що знаходяться (обертаються) у приміщенні
1	2
А Вибухопожежонебезпечна	Горючі гази, легкозаймисті рідини з температурою спалаху не більше 28 °С у такій кількості, що можуть утворювати вибухонебезпечні газопароповітряні суміші, у разі займання яких розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні, який перевищує 5 кПа. Речовини та матеріали, здатні вибухати й горіти при взаємодії з водою, киснем повітря або один з одним, у такій кількості, що розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні перевищує 5 кПа
Б Вибухопожежонебезпечна	Горючий пил, волокна, легкозаймисті рідини з температурою спалаху більше 28 °С, горючі рідини в такій кількості, що можуть утворювати вибухонебезпечні пилоповітряні або пароповітряні суміші, у разі займання яких розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні, що перевищує 5 кПа

Продовження таблиці 2.1

1	2
В Пожежо- небезпечна	Важкогорючі рідини, а також речовини та матеріали, які здатні при взаємодії з водою, киснем повітря або один з одним вибухати й горіти або тільки горіти; горючий пил і волокна, тверді горючі та важкогорючі речовини та матеріали, за умови, що приміщення, в яких вони знаходяться (обертаються), не належать до категорій А, Б і питома пожежна навантаження для твердих і рідких легкозаймистих та горючих речовин на окремих ділянках площею не менше 10 м ² кожна перевищує 180 МДж/м ²
Г	Негорючі речовини та матеріали у гарячому, розпеченому або розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується виділенням променистого тепла, іскор та полум'я; ГГ, рідини та тверді речовини, що спалюються або утилізуються як паливо
Д	Речовини та матеріали, що вказані вище для категорій приміщень А, Б, В у такій кількості, що їх питома пожежна навантага для твердих і рідких горючих речовин на окремих ділянках площею не менше 10 м ² кожна не перевищує 180 МДж/м ² , а також, негорючі речовини і/або матеріали в холодному стані, за умови, що приміщення, в яких знаходяться (обертаються) вище вказані речовини і матеріали, не відносяться до категорій А, Б і В

Завдання

Розглядається акумуляторне приміщення для заряджання акумуляторних батарей СК-1 та СК-4 (рис. 2.1):

При розрахунку надлишкового тиску вибуху за розрахунковий приймається найбільш несприятливий щодо вибуху період, пов'язаний з формуванням та заряджанням повністю розряджених батарей із напругою 2,3 В на елемент і найбільшою кількістю зарядного струму, що перевищує в чотири рази максимальний струм заряджання.

Для виконання завдання необхідно:

1. Навести вихідні дані згідно зі своїм варіантом у вигляді таблиці 2.2 (значення, що вже внесені до таблиці, є однаковими для всіх варіантів).

2. Визначити категорію приміщення. У разі віднесення приміщення до категорії А, розглянути можливість зниження категорії за рахунок улаштування аварійної вентиляції, що дає змогу зменшити концентрацію водню.

3. Збільшити або зменшити задану розрахункову температуру повітря у приміщенні t_p на 3 °С. Виконати пункт 2 завдання.

4. Зробити висновок про вплив температури повітря t_p , °С у приміщенні на надлишковий тиск вибуху ΔP , кПа у приміщенні.

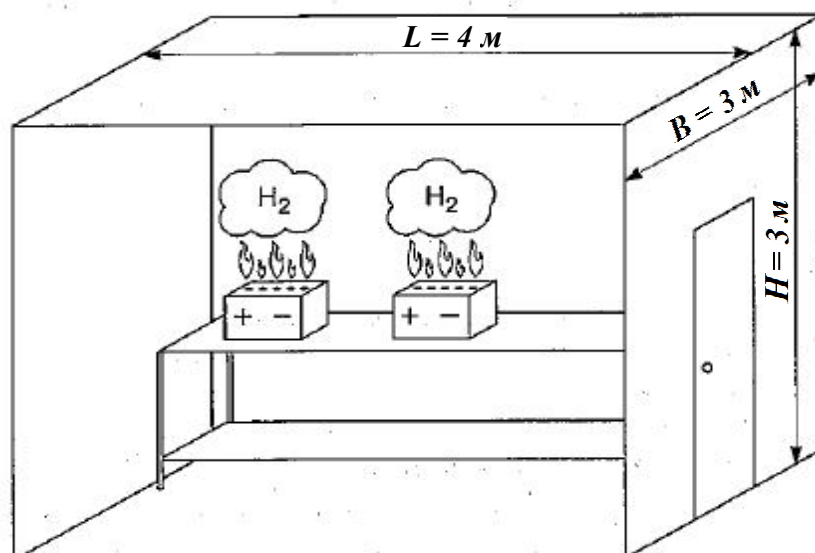


Рисунок 2.1 – Схема приміщення для заряджання акумуляторних батарей

Таблиця 2.2 – Вихідні дані

Назва параметра, його позначення та розмірність		Значення параметра
Параметри приміщення	$L, м$	
	$S, м$	
	$H, м$	
Початковий тиск у приміщенні $P_0, кПа$		101
Максимальний тиск у приміщенні $P_{max}, кПа$		730
Розрахункова температура повітря у приміщенні $t_p, ^\circ C$		
Постійна Фарадея $F, А \cdot с \cdot кмоль^{-1}$		$9,65 \cdot 10^4$
Атомна одиниця маси водню $A, кг \cdot моль^{-1}$		$1 \cdot 10^{-3}$
Валентність водню Z		1
Розрахунковий час заряджання $T, с$		3600
Маса кіломоля водню $M, кг \cdot моль^{-1}$		2
Об'єм кіломоля газу за нормальних умов $V_0, м^3 \cdot кмоль^{-1}$		22,413
Кількість атомів водню в молекулі палива n_H		2
Коефіцієнт температурного розширення газу $\alpha, град^{-1}$		0,003 67
Кількість акумуляторів у батареї СК-1 $n_{СК-1}, шт.$		13
Максимальний струм заряджання батареї СК-1 $I_{СК-1}, А$		9
Кількість акумуляторів у батареї СК-4 $n_{СК-4}, шт.$		12
Максимальний струм заряджання батареї СК-4 $I_{СК-4}, А$		36
Коефіцієнт, що враховує негерметичність приміщення та неадіабатичність процесу горіння K_H		3

Порядок виконання завдання

1. Розраховується маса водню, що виділяється в одному елементі при усталеній динамічній рівновазі між силою зарядного струму та кількістю газу, що виділяється:

$$M_{IT} = \frac{I}{F} \cdot \frac{A}{Z}, \text{кг} \cdot \text{А}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}. \quad (2.1)$$

2. Розраховується густина водню:

$$\rho_2 = \frac{M}{V_0 \cdot (1 + \alpha \cdot t_p)}, \text{кг} \cdot \text{м}^{-3}. \quad (2.2)$$

3. Розраховується об'єм водню, що надходить до акумуляторного приміщення під час заряджання двох батарей:

$$V_n = \frac{M_{IT}}{\rho_2} \cdot 4 \cdot (I_{CK-1} \cdot n_{CK-1} + I_{CK-4} \cdot n_{CK-4}) \cdot T, \text{м}^3. \quad (2.3)$$

4. Розраховується стехіометричний коефіцієнт для водню:

$$\beta = n_C + \frac{n_H + n_X}{4} - \frac{n_0}{2}. \quad (2.4)$$

5. Розраховується стехіометрична концентрація водню:

$$C_{ст} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot \beta}, \%. \quad (2.5)$$

6. Розраховується вільний об'єм приміщення:

$$V_{вільн} = 0,8 \cdot L \cdot S \cdot H, \text{м}^3. \quad (2.6)$$

7. Розраховується надлишковий тиск вибуху:

$$\Delta P = (P_{max} - P_0) \cdot \frac{V_n \cdot Z \cdot 100 \cdot I}{V_{вільн} \cdot C_{ст} \cdot K_n}, \text{кПа}. \quad (2.7)$$

Якщо $\Delta P > 5 \text{ кПа}$, тобто коли це приміщення належить до категорії А, необхідно виконати пункти 8 та 9 для визначення кратності повітрообміну аварійної вентиляції, яка забезпечить зниження категорії приміщення.

8. Розраховується об'єм водню, що потрапляє до акумуляторного приміщення при розрахунковому тиску вибуху $\Delta P^* = 4,99 (< 5 \text{ кПа})$:

$$V_n^* = \frac{\Delta P^* \cdot V_{\text{вільн}} \cdot C_{\text{ст}} \cdot K_n}{(P_{\text{max}} - P_0) \cdot Z \cdot 100}, \text{ м}^3. \quad (2.8)$$

9. Розраховується кратність повітрообміну при надходженні визначеного у пункті 8 об'єму водню:

$$A = \frac{V_n}{V_n^*} - 1, \text{ год}^{-1}. \quad (2.9)$$

Контрольні питання

1. Які приміщення зараховують до категорії А за вибухопожежною та пожежною небезпекою?
2. Які приміщення зараховують до категорії Б за вибухопожежною та пожежною небезпекою?
3. Які приміщення зараховують до категорії В за вибухопожежною та пожежною небезпекою?
4. Які приміщення зараховують до категорії Г за вибухопожежною та пожежною небезпекою?
5. Які приміщення зараховують до категорії Д за вибухопожежною та пожежною небезпекою?

Практичне заняття 3 Розрахунок необхідного часу евакуації із приміщення підготовчого цеху льонокомбінату у разі пожежі

Мета – оволодіти навичками розрахунку необхідного часу евакуації людей із приміщення підготовчого цеху льонокомбінату при пожежі.

Зміст роботи

Загальні відомості

Характерна особливість сучасного будівництва – збільшення кількості будівель із масовим перебуванням людей. До таких будівель можна зарахувати й виробничі приміщення. Пожежі у приміщеннях цих будівель нерідко супроводжуються травмуванням і загибеллю людей. У першу чергу, це стосується пожеж, що швидко розповсюджуються.

Вони є реальною небезпекою для людини вже за декілька хвилин після виникнення й інтенсивної дії на людей небезпечних чинників пожежі. Найбільш надійний спосіб гарантування безпеки людей у таких умовах – своєчасна евакуація з приміщення, в якому виникла пожежа.

Кожен об'єкт мусить мати таке об'ємно-планувальне й технічне виконання, за якого евакуація людей із приміщення була завершена до моменту досягнення гранично допустимих значень. У зв'язку з цим кількість, розміри та конструктивне виконання евакуаційних шляхів і виходів визначаються залежно від необхідного часу евакуації, тобто часу, протягом якого люди мають покинути приміщення, не зазнавши небезпечного для життя та здоров'я впливу пожежі.

Дані щодо необхідного часу евакуації є також вихідною інформацією для розрахунку рівня надання безпеки людей при пожежах у будівлях. Неправильне визначення необхідного часу евакуації може призвести до ухвалення неправильних проєктних рішень і збільшення вартості будівель або до недостатнього гарантування безпеки людей у разі виникнення пожежі.

Необхідний час евакуації розраховується як добуток критичної для людини тривалості пожежі на коефіцієнт безпеки.

Під критичною тривалістю пожежі розуміють час, після закінчення якого виникає небезпечна ситуація внаслідок досягнення одним із гранично допустимого для людини значення. При цьому передбачається, що кожен небезпечний чинник впливає на людину незалежно від інших, оскільки комплексна дія тих різних якісних і кількісних поєднань, що змінюються в часі, характерних для початкового періоду розвитку пожежі, оцінити наразі неможливо.

Коефіцієнт безпеки враховує можливу похибку при розв'язанні поставленої задачі. Він приймається таким, що дорівнює 0,8.

Отже, необхідний час евакуації – нормований проміжок часу до настання критичних значень НЧП, протягом якого люди мають залишити приміщення, будівлю, споруду.

Для визначення необхідного часу евакуації людей із приміщення, потрібно знати динаміку у зоні перебування людей (робочій зоні) та гранично допустимі для людини значення кожного з них.

До НЧП, які становлять найбільшу небезпеку для людей у приміщенні в початковий період пожежі, що швидко розвивається, можуть бути віднесені:

- підвищена температура середовища;
- дим, що призводить до втрати видимості;
- токсичні продукти горіння;
- знижена концентрація кисню.
- Розрахункові формули отримано з урахуванням таких припущень:
 - крізь відкриті отвори відбувається тільки витіснення газу з приміщення;
 - абсолютний тиск газу у приміщенні під час пожежі не змінюється;
 - відношення тепловтрат у будівельні конструкції до теплової потужності вогнища пожежі постійне в часі;
 - властивості середовища й питомі характеристики матеріалу (найнижча робоча теплота згорання, димоутворювальна здатність, питомий вихід токсичних газів тощо), що горить при пожежі, постійні;
 - залежність вигорілої маси матеріалу від часу є статечною функцією.

Запропонований порядок розрахунку для виконання студентами завдання є справедливим для розрахунку необхідного часу евакуації при пожежах, що швидко розповсюджуються у приміщеннях із середнім за цей період темпом збільшення температури середовища більше $30 \text{ град} \cdot \text{хв}^{-1}$.

Такі пожежі характеризуються наявністю біля стін циркуляційних струменів і відсутністю чіткої межі шару диму.

Використання розрахункових формул для пожеж із меншим темпом зростання температури призведе до заниження величини необхідного часу евакуації, тобто до збільшення запасу надійності при розв'язанні задачі.

Завдання

1. Навести вихідні дані згідно зі своїм варіантом у вигляді таблиці 3.1 (значення, що вже внесені до таблиці, є однаковими для всіх варіантів).
2. Визначити критичну тривалість пожежі для кожної з обраних схем її розвитку.
3. Визначити найбільш небезпечну схему розвитку пожежі.
4. Визначити необхідний час евакуації людей із приміщення підготовчого цеху льонокомбінату при пожежі.

Таблиця 3.1 – Вихідні дані

Назва параметра, його позначення та розмірність		Значення параметра
Параметри приміщення	$L, м$	
	$S, м$	
	$H, м$	
Маса льону, рівномірно розкладеного на підлозі $M_1, кг$		
Маса льону, розташованого на стрічці транспортера $M_2, кг$		
Ширина стрічки транспортера $b, м$		
Параметр n_1		3
Параметр n_2		2
Висота відмітки зони перебування людей над підлогою приміщення $h_{відм}, м$		
Різниця висот підлоги $\delta, м$		
Питома масова швидкість вигорання $\Psi, кг \cdot м^{-2} \cdot с^{-1}$		$21,3 \cdot 10^{-3}$
Питома теплоємність матеріалу $C_p, МДж \cdot кг^{-1} \cdot K^{-1}$		$1,985 \cdot 10^{-3}$
Коефіцієнт тепловтрат φ		0,2
Коефіцієнт повноти горіння η		0,95
Нижня теплота згорання $Q, МДж \cdot кг^{-1} \cdot K^{-1}$		15,7
Питома швидкість поширення полум'я $v, м \cdot с^{-1}$		0,05
Початкова температура у приміщенні $t_0, ^\circ C$		20
Коефіцієнт відбиття предметів на шляху евакуації α		
Початкова освітленість шляхів евакуації $E, лк$		
Димоутворювальна здатність матеріалу $D, Hn \cdot м^2 \cdot кг^{-1}$		3,37
Питоме споживання кисню при пожежі $L(O_2), кг \cdot кг^{-1}$		1,83
Питомий вихід чадного газу при пожежі $L(CO), кг \cdot кг^{-1}$		0,0039
Питомий вихід вуглекислого газу при пожежі $L(CO_2), кг \cdot кг^{-1}$		0,36
Гранично припустимий вміст чадного газу в атмосфері приміщення $X(CO), кг \cdot м^{-3}$		$1,16 \cdot 10^{-3}$
Гранично припустимий вміст вуглекислого газу в атмосфері приміщення $X(CO_2), кг \cdot м^{-3}$		0,11
Коефіцієнт безпеки при евакуації k_6		0,8

Особливості розташування льону у приміщенні: частина горючого матеріалу (льону) з масою M_1 рівномірно розкладена на підлозі, а частина з масою M_2 знаходиться на стрічці транспортера шириною b . Маса першої та другої частини льону, а також ширина стрічки транспортера вказані у варіанті завдання.

Обґрунтування схеми розвитку пожежі

Оскільки можливе загоряння як складованого льону, так і льону, що транспортується, можливі дві схеми розвитку пожежі. При горінні льону найбільш небезпечними токсичними продуктами горіння є чадний і вуглекислий гази.

Указівка до розрахунків: якщо під час обчислень критичної тривалості пожежі за наведеними нижче формулами у будь-якому з підпунктів 2.2–2.6 (формули 3.6–3.10) та 3.2–3.6 (формули 3.14–3.18) під знаком логарифма буде від’ємне число, то ця критична тривалість пожежі виключається з розгляду.

Порядок виконання завдання

1. Визначаються спільні для обох схем параметри.

1.1 Визначається висота робочої зони:

$$h = h_{відм} + 1,7 - 0,5 \cdot \delta, \text{ м.} \quad (3.1)$$

1.2 Визначається вільний об’єм приміщення:

$$V_{вільн} = 0,8 \cdot L \cdot S \cdot H, \text{ м}^3. \quad (3.2)$$

1.3 Визначається комплекс B :

$$B = \frac{353 \cdot C_p \cdot V_{вільн}}{(1 - \varphi) \cdot \eta \cdot Q}. \quad (3.3)$$

1.4 Визначається параметр z :

$$z = \frac{h}{H} \cdot \exp\left(1,4 \cdot \frac{h}{H}\right). \quad (3.4)$$

2. Визначається критична тривалість пожежі для першої обраної схеми пожежі – горіння складованого льону.

2.1 Розраховується параметр A_I :

$$A_I = 1,05 \cdot \psi \cdot v^2. \quad (3.5)$$

2.2 Визначається критична тривалість пожежі за підвищеною температурою:

$$t_{крI}^{ПТ} = \left\{ \frac{B}{A_I} \cdot \ln \left[1 + \frac{70 - t_0}{(273 + t_0) \cdot z} \right] \right\}^{\frac{1}{n_I}}, \text{ с.} \quad (3.6)$$

2.3 Визначається критична тривалість пожежі за втратою видимості:

$$t_{кр1}^{BB} = \left\{ \frac{B}{A_l} \cdot \ln \left[1 - \frac{V_{вільн} \cdot \ln(1,05 \cdot \alpha \cdot E)}{20 \cdot B \cdot D \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n_l}}, \text{ с.} \quad (3.7)$$

2.4 Визначається критична тривалість пожежі за зниженням вмістом кисню:

$$t_{кр1}^{O_2} = \left\{ \frac{B}{A_l} \cdot \ln \left[1 - \frac{0,044}{\left(\frac{B \cdot L(O_2)}{V_{вільн}} + 0,27 \right) \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n_l}}, \text{ с.} \quad (3.8)$$

2.5 Визначається критична тривалість пожежі за досягненням граничної концентрації чадного газу:

$$t_{кр1}^{CO} = \left\{ \frac{B}{A_l} \cdot \ln \left[1 - \frac{V_{вільн} \cdot X(CO)}{B \cdot L(CO) \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n_l}}, \text{ с.} \quad (3.9)$$

2.6 Визначається критична тривалість пожежі за досягненням граничної концентрації вуглекислого газу:

$$t_{кр1}^{CO_2} = \left\{ \frac{B}{A_l} \cdot \ln \left[1 - \frac{V_{вільн} \cdot X(CO_2)}{B \cdot L(CO_2) \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n_l}}, \text{ с.} \quad (3.10)$$

2.7 Визначається критична тривалість пожежі:

$$t_{кр1} = \min \{ t_{кр1}^{ПТ}, t_{кр1}^{BB}, t_{кр1}^{O_2}, t_{кр1}^{CO}, t_{кр1}^{CO_2} \}, \text{ с.} \quad (3.11)$$

2.8 Визначається маса льону, що згорів до моменту $t_{кр1}$:

$$m_l = A_l \cdot (t_{кр1})^{n_l}, \text{ кг.} \quad (3.12)$$

2.9 Порівнюється значення m_l зі значенням M_l . Якщо $m_l > M_l$, то ця схема пожежі виключається з подальшого розгляду.

3 Визначається критична тривалість пожежі для другої обраної схеми – горіння льону, що розташований на стрічці транспортера.

3.1 Розраховується параметр A_2 :

$$A_2 = \psi \cdot v \cdot b. \quad (3.13)$$

3.2 Визначається критична тривалість пожежі за підвищеною температурою:

$$t_{кр2}^{ITT} = \left\{ \frac{B}{A_2} \cdot \ln \left[1 + \frac{70 - t_0}{(273 + t_0) \cdot z} \right] \right\}^{\frac{1}{n_2}}, \text{ с.} \quad (3.14)$$

3.3 Визначається критична тривалість пожежі за втратою видимості:

$$t_{кр2}^{BB} = \left\{ \frac{B}{A_2} \cdot \ln \left[1 - \frac{V_{вільн} \cdot \ln(1,05 \cdot \alpha \cdot E)}{20 \cdot B \cdot D \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n_2}}, \text{ с.} \quad (3.15)$$

3.4 Визначається критична тривалість пожежі за зниженим вмістом кисню:

$$t_{кр2}^{O_2} = \left\{ \frac{B}{A_2} \cdot \ln \left[1 - \frac{0,044}{\left(\frac{B \cdot L(O_2)}{V_{вільн}} + 0,27 \right) \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n_2}}, \text{ с.} \quad (3.16)$$

3.5 Визначається критична тривалість пожежі за досягненням граничної концентрації чадного газу:

$$t_{кр2}^{CO} = \left\{ \frac{B}{A_2} \cdot \ln \left[1 - \frac{V_{вільн} \cdot X(CO)}{B \cdot L(CO) \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n_2}}, \text{ с.} \quad (3.17)$$

3.6 Визначається критична тривалість пожежі за досягненням граничної концентрації вуглекислого газу:

$$t_{кр2}^{CO_2} = \left\{ \frac{B}{A_2} \cdot \ln \left[1 - \frac{V_{вільн} \cdot X(CO_2)}{B \cdot L(CO_2) \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n_2}}, \text{ с.} \quad (3.18)$$

3.7 Визначається критична тривалість пожежі:

$$t_{кр2} = \min \{ t_{кр2}^{ПТ}, t_{кр2}^{ВВ}, t_{кр2}^{O_2}, t_{кр2}^{CO}, t_{кр2}^{CO_2} \}, \text{ с.} \quad (3.19)$$

3.8 Визначається маса льону, що згорів до моменту $t_{кр2}$:

$$m_2 = A_2 \cdot (t_{кр2})^{n_2}, \text{ кг.} \quad (3.20)$$

3.9 Порівнюється значення m_2 зі значенням M_2 . Якщо $m_2 > M_2$, то ця схема пожежі виключається з подальшого розгляду.

4. Із двох схем (якщо жодна з них не виключена з розгляду) обирається та, для якої критична тривалість пожежі є мінімальною:

$$t_{кр} = \min \{ t_{кр1}, t_{кр2} \}, \text{ с.} \quad (3.21)$$

5. Розраховується необхідний час евакуації людей із приміщення підготовчого цеху льонокомбінату при пожежі:

$$t_{нб} = k_{б} \cdot t_{кр}, \text{ с.} \quad (3.22)$$

Контрольні питання

1. Як визначається кількість, розміри та конструктивне виконання евакуаційних шляхів і виходів?
2. Які небезпечні чинники пожежі ви знаєте?
3. Що розуміють під критичною тривалістю пожежі?
4. Що розуміють під необхідним часом евакуації?

Практичне заняття 4 Визначення площі легко скидної конструкції у виробничому приміщенні для ризику утворення пароповітряної вибухонебезпечної суміші

Мета – оволодіти навичками визначення площі легкоскидної конструкції у приміщенні в разі утворення пароповітряної вибухонебезпечної суміші.

Зміст заняття

Загальні відомості

Забезпечення вибухозахисту будинків при внутрішніх аварійних вибухах може здійснюватися по двох напрямках:

- зниженням надлишкового тиску, що виникає при внутрішньому аварійному вибуху;
- підвищенням міцності й стійкості конструкції до дії аварійних (вибухових) навантажень.

Поєднання обох указаних напрямів є необхідною умовою розробки оптимальних рішень щодо забезпечення вибухостійкості будинків при внутрішніх аварійних вибухах.

Для зниження надлишкового тиску, що виникає при внутрішніх аварійних вибухах, використовуються легкоскидні конструкції.

Легко скидальні конструкції – спеціальні зовнішні захищальні конструкції будівель, споруд (або їх частини), призначені для зменшення тиску при вибуху з метою забезпечення безпеки людей, збереження конструкцій і обладнання.

Як легкоскидальна конструкція використовується скло глухого скління приміщень і стулок віконних рам, що відкриваються всередину (що руйнуються), стулки віконних рам, що відкриваються назовні, двері та ворота (що обертаються), а також легко скидальні стінові панелі й полегшені плити перекриттів приміщень. Стінові панелі можуть бути запроектовані як конструкції, що обертаються.

Що обертається – конструкція, в якій при дії надмірного тиску вибуху одна вісь (горизонтальна або вертикальна) залишається нерухомою, а інші точки площини конструкції при розкритті описують кола з центрами на нерухомій осі.

Що руйнується – конструкція, в якій при дії надмірного тиску вибуху відбувається макроскопічне порушення суцільності матеріалу, з якого вона складається.

Що зміщується – конструкція, в якій при дії надмірного тиску вибуху руйнуються елементи, за допомогою яких конструкція утримується в огорожі приміщення.

Що встановлюються в приміщеннях будинків або протипожежних відсіків категорій А і Б.

За допомогою конструкції надлишковий тиск у приміщенні при аварійному вибуху знижується до допустимої величини ($P_{дон}$).

При проєктуванні будинків вибухонебезпечних виробництв надлишковий тиск приймають, зазвичай, від 3 до 5 $\kappa\text{Па}$. Нижнє значення надлишкового тиску відповідає будинкам, конструкції яких не розраховані на дію аварійного вибуху.

При зменшенні P_{don} площа ЛСК збільшується.

Для зниження надлишкового тиску, що виникає при аварійних вибухах, до величини, що допускається, в першу чергу слід використовувати скління стін приміщень і ліхтарів. При цьому як ЛСК може використовуватися скло глухого скління та стулок віконних рам, що відкриваються всередину, а також стулки віконних рам, що відкриваються назовні (краще з вертикальним шарніром).

Використання зміщуваних конструкцій у вигляді легкоскидних стінних панелей слід передбачати в тих випадках, коли це не несе небезпеки для людей, що перебувають поблизу будинку, в якому встановлюються конструкції.

Якщо необхідна площа прорізів, що перекриваються конструкції, не може бути розміщена в стінах будівлі та ліхтарях, їх потрібно розташовувати в покритті вибухонебезпечного приміщення; при цьому покриття можуть бути досить ефективними лише при порівняно великому значенні надлишкового тиску вибуху.

Несучі та огорожувальні конструкції будинків, які піддаються дії надлишкового тиску P_{don} при внутрішньому аварійному вибуху, мають бути розраховані відповідно тиску.

У будинках і приміщеннях вибухонебезпечних виробництв має бути, як правило, унеможливлено руйнування основних несучих і огорожувальних конструкцій при розрахунковій величині вибухових навантажень.

Допускаються пошкодження конструкцій випадкового характеру, що не впливають на їх міцність, стійкість, експлуатаційні характеристики й вимагають незначних матеріальних витрат на ліквідацію цих пошкоджень.

Завдання

1. Вивчити положення пунктів 5.1, 5.3, 6.1, 6.11, додатка А.3 ТКП 45-2.02-38-2006 Конструкции легкобрасываемые. Порядок расчета.
2. Навести вихідні дані згідно зі своїм варіантом у вигляді таблиці 4.1.
3. Визначити площу ЛСК у зовнішньому огороженні (стінах) приміщення при використанні зміщуваних панелей.

Таблиця 4.1 – Вихідні дані

Назва параметра, його позначення та розмірність		Значення параметра
1		2
Розміри Приміщення	довжина a , м	
	ширина b , м	
	висота h , м	
Допустимий надлишковий тиск вибуху в приміщенні під час горіння вибухонебезпечної суміші $\Delta P_{доп}$, кПа		
Ступінь захащення приміщення будівельними конструкціями і обладнанням Θ_z		
Частка об'єму, захащеного будівельними конструкціями, що припадає на великогабаритні конструкції Θ_{zv}		
Частка об'єму, захащеного будівельними конструкціями, що припадає на малогабаритні конструкції Θ_{zm}		
Назва горючої речовини		
Хімічна формула		
Молярна маса M , г·моль ⁻¹		
Нижня концентраційна межа поширення полум'я C_n , %		
Максимальна нормальна швидкість розповсюдження полум'я $U_{н.мах}$, м·с ⁻¹		
Коефіцієнт участі горючої речовини у вибуху Z		
Щільність горючого середовища при концентрації горючої речовини, що відповідає нижній концентраційній межі поширення полум'я (НКМП) $\rho_{НКМП}$, кг·м ⁻³		
Щільність горючого середовища при концентрації горючої речовини, що відповідає максимальній нормальній швидкості розповсюдження полум'я $\rho_{мах}$, кг·м ⁻³		
Ступінь стискання продуктів горіння у разі вибуху у замкнутому об'ємі з концентрацією горючого, що відповідає НКМП $\varepsilon_{с. НКМП}$		
Ступінь стискання продуктів горіння у разі вибуху у замкнутому об'ємі з концентрацією горючого, що відповідає максимальній нормальній швидкості поширення полум'я $\varepsilon_{с. мах}$		
Ступінь теплового розширення продуктів горіння у разі вибуху у замкнутому об'ємі з концентрацією пального, що відповідає НКМП $\varepsilon_{р. НКМП}$		
Ступінь теплового розширення продуктів горіння у разі вибуху у замкнутому об'ємі з концентрацією, що відповідає максимальній нормальній швидкості розповсюдження полум'я $\varepsilon_{р. мах}$		
Розрахункова температура в приміщенні t_p , °C		

Продовження таблиці 4.1

1		2
Різновид віконної рами		згідно з рисунок 4.1, подвійне скління
Розміри прорізу	в напрямку меншої сторони $a_{np}, м$	
	в напрямку більшої сторони $b_{np}, м$	
Товщина скла $h_{ск}, м$		

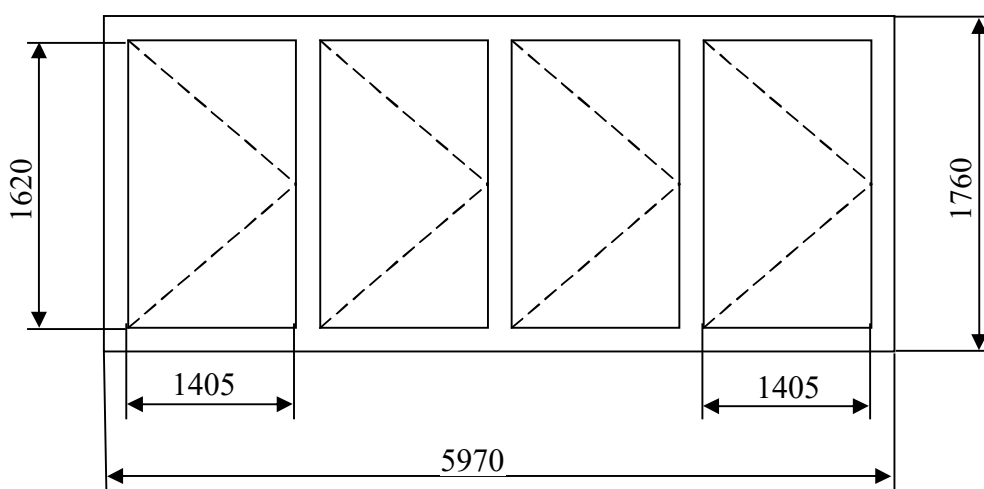


Рисунок 4.1 – Схема віконної рами, що використовується як ЛСК

Порядок виконання завдання

1. Визначається геометричний об'єм приміщення

$$V_{np} = a \cdot b \cdot h, м^3. \quad (4.1)$$

2. Визначається вільний об'єм приміщення

$$V_{вільн} = (1 - \Theta_z / 100) \cdot V_{np}, м^3. \quad (4.2)$$

3. Визначається стехіометричний коефіцієнт кисню в реакції горіння

$$\beta = n_C + \frac{n_H - n_X}{4} - \frac{n_O}{2}. \quad (4.3)$$

де n_C , n_H , n_O , n_X – кількість атомів С, Н, О та галогенів у молекулі парів рідини.

4. Визначається стехіометрична концентрація парів рідини:

$$C_{cm} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot \beta}, \% \quad (4.4)$$

5. Визначається розрахункова нормальна швидкість поширення полум'я:

$$U_{н.р} = 0,55 \cdot U_{н.мах}, м \cdot с^{-1}. \quad (4.5)$$

6. Визначається масова концентрація горючої речовини у горючому середовищі, яка відповідає нижній концентраційній межі поширення полум'я:

$$C_{НКМП} = \frac{10 \cdot M \cdot C_n}{22,413 \cdot (1 + 0,00367 \cdot t_p)}, г \cdot м^{-3}. \quad (4.6)$$

7. Визначається масова концентрація горючої речовини у горючому середовищі, яка відповідає $U_{н.мах}$.

$$C_{мах} = \frac{10 \cdot M \cdot C_{cm}}{22,413 \cdot (1 + 0,00367 \cdot t_p)}, г \cdot м^{-3}. \quad (4.7)$$

8. Визначається коефіцієнт ступеня заповнення об'єму приміщення вибухонебезпечною сумішшю і її участі у вибуху:

$$\mu_v = \frac{2000 \cdot m \cdot Z}{V_{вільн} \cdot (C_{НКМП} + C_{мах})}. \quad (4.8)$$

9. Визначається коефіцієнт ступеня заповнення об'єму приміщення вибухонебезпечною сумішшю:

$$\mu_v^* = \frac{\mu_v}{Z}. \quad (4.9)$$

10. Визначається розрахункова щільність газу перед займанням:

$$\rho_0 = \frac{0,5367 \cdot \mu_v^* \cdot (\rho_{НКМП} + \rho_{мах})}{1 + 0,00367 \cdot t_p} + (1 - \mu_v^*) \cdot \frac{1,294}{1 + 0,00367 \cdot t_p}, кг \cdot м^{-3}. \quad (4.10)$$

11. Визначається об'єм полум'я:

$$V_{nl} = 0,5 \cdot \mu_v \cdot V_{np} \cdot (\varepsilon_{p.HKMP} + \varepsilon_{p.max}), \text{ м}^3. \quad (4.11)$$

12. Визначається об'єм приміщення, в якому відбувається горіння вибухонебезпечної суміші:

$$V = \begin{cases} V_{np}, \text{ м}^3, \text{ якщо } V_{nl} \geq V_{np}; \\ V_{nl}, \text{ м}^3, \text{ якщо } V_{nl} < V_{np}. \end{cases} \quad (4.12)$$

13. За таблицею 4.2 шляхом інтерполяції визначається показник інтенсифікації вибухового горіння для малогабаритних α_m та великогабаритних α_b конструкцій у залежності від ступеня захаращеності приміщення будівельними конструкціями та обладнанням Θ_z і об'єму приміщення V , м^3 , в якому відбувається горіння вибухонебезпечної суміші.

14. Для заданих значень Θ_{zv} і Θ_{zm} визначається усереднений показник інтенсифікації вибухового горіння:

$$\alpha_{v,m} = \Theta_{zk} / 100 \cdot \alpha_b + \Theta_{zm} / 100 \cdot \alpha_m. \quad (4.13)$$

15. Визначається розрахункова ступінь стискання продуктів горіння при вибуху:

$$\varepsilon_c = 0,5 \cdot (\varepsilon_{c.HKMP} + \varepsilon_{c.max}). \quad (4.14)$$

Якщо $\varepsilon_c < 6$, потрібно приймати $\varepsilon_c = 6$. За відсутності вихідних даних допускається приймати $\varepsilon_c = 8$.

16. Визначаються розрахункові коефіцієнти μ_1 і μ_2 :

$$\mu_1 = \frac{0,05}{\varepsilon_c - 1}. \quad (4.15)$$

$$\mu_2 = \frac{1,3}{\varepsilon_c}. \quad (4.16)$$

17. Визначається коефіцієнт, що враховує ступінь заповнення приміщення вибухонебезпечною сумішшю

$$\beta_{\mu} = \begin{cases} 0, \text{ якщо } \mu_v \leq \mu_1; \\ 1, \text{ якщо } \mu_v \geq \mu_2; \\ \frac{\mu_v - \mu_1}{\mu_2 - \mu_1}, \text{ якщо } \mu_1 < \mu_v < \mu_2. \end{cases} \quad (4.17)$$

18. Визначається коефіцієнт, що враховує вплив форми приміщення та ефект витікання продуктів горіння вибухонебезпечної суміші:

$$K_{\phi} = \begin{cases} \frac{0,5 \cdot (b^2 + h^2)}{\sqrt[3]{V_{np}^2}}, \text{ якщо } \mu_v \geq \mu_2, h \leq a; \\ \frac{0,5 \cdot (b^2 + a^2)}{\sqrt[3]{V_{np}^2}}, \text{ якщо } \mu_v \geq \mu_2, h > a; \\ 1, \text{ якщо } \mu_v \leq 0,01; \\ 0,35 + \frac{0,65 \cdot (\mu_v - \mu_1)}{\mu_2 - \mu_1}, \text{ якщо } 0,01 < \mu_v < \mu_2. \end{cases} \quad (4.18)$$

Якщо значення $K_{\phi} > 1$ або $K_{\phi} < 0,35$, то приймають $K_{\phi} = 1$ або $K_{\phi} = 0,35$ відповідно.

19. Визначається мінімальна площа ЛСК у зовнішньому огороженні приміщення:

$$S_{min}^{ЛСК} = \frac{0,105 \cdot U_{н.р} \cdot \alpha_{в,м} \cdot (\varepsilon_c - 1) \cdot \beta_{\mu} \cdot K_{\phi} \cdot \sqrt[3]{V_{вільн}^2} \cdot \sqrt{\rho_0}}{\sqrt{\Delta P_{дон}}}, \text{ м}^2. \quad (4.19)$$

20. Визначається розрахункова швидкість розповсюдження полум'я:

$$U_p = 0,5 \cdot \alpha_{в,м} \cdot U_{н.р} \cdot (\varepsilon_{р.НКМП} + \varepsilon_{р.мах}), \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}. \quad (4.20)$$

21. Визначається розрахунковий розмір меншої сторони скла:

$$a_{ск} = a_{np} + 3 \cdot h_{ск}, м. \quad (4.21)$$

22. Визначається розрахунковий розмір більшої сторони скла:

$$b_{ск} = b_{np} + 3 \cdot h_{ск}, м. \quad (4.22)$$

23. Визначається площа скла:

$$S_{ск} = a_{ск} \cdot b_{ск}, м^2. \quad (4.23)$$

24. Визначається коефіцієнт, що залежить від відношення сторін скла:

$$\lambda_{ск} = \frac{a_{ск}}{b_{ск}}. \quad (4.24)$$

25. За таблицею 4.3 визначається коефіцієнт K_{Sh} , який встановлює взаємозв'язок між площею та товщиною скла, що використовується для улаштування ЛСК.

26. За таблицею 4.4 визначається коефіцієнт K_λ , що залежить від співвідношення сторін листа скла.

27. Визначається значення приведенного тиску відкриття подвійного віконного скління:

$$\Delta P_{дон}^* = \frac{\Delta P_{дон}}{K_{Sh} \cdot K_\lambda}, кПа. \quad (4.25)$$

28. Визначається коефіцієнт відкриття подвійного віконного скління $K_{відкр}$ при вибуху за таблицею 4.5.

29. Визначається площа ЛСК у зовнішньому огороженні при використанні подвійного скління:

$$S_{ЛСК} = \frac{S_{мин}^{ЛСК}}{K_{відкр}}, м^2. \quad (4.26)$$

Таблиця 4.2 – Показники інтенсифікації вибухового горіння α_v і α_m

Ступінь захаращеності приміщення будівельними конструкціями й обладнанням $\Theta_3, \%$	Показники інтенсифікації вибухового горіння α_v і α_m при об'ємі приміщення $V, м^3$							
	100		1 000		10 000		100 000 і більше	
	МГ, α_m	ВГ, α_v	МГ, α_m	ВГ, α_v	МГ, α_m	ВГ, α_v	МГ, α_m	ВГ, α_v
≤ 3	4	4	5	5	6	6	7	7
6	5	4	7	5	10	6	15	10
10	5	4	8	5	15	8	25	15
≥ 15	6	4	10	6	18	10	30	20

Обладнання малогабаритне (конструкція будівельна малогабаритна) – обладнання (будівельна конструкція), що його (її) розміри або окремого елемента, який може бути розглянутий як самостійна перешкода на шляху розповсюдження полум'я, – не перевищують 0,75 м по ширині, висоті й довжині або що при порівнянні великій довжині (трубопровід, колона, елементи стрижневих систем і т. ін.) має поперечний перетин не більше 0,75 м².

Для проміжних значень V_{np} і Θ_3 , а також за наявності в приміщенні як малогабаритних, так і великогабаритних будівельних конструкцій і обладнання значення α_v і α_m визначається лінійною інтерполяцією. Якщо $V_{np} < 100 м^3$, значення α_v і α_m визначаються лінійною інтерполяцією, умовно приймаючи, що при $V_{np} = 0 м^3$ значення α_v або α_m буде дорівнювати 2.

У разі відсутності даних щодо відсоткового співвідношенню між МГ і КГ допускається приймати, що об'єм, який займає КГ, становить $0,6 \cdot \Theta_3$, а МГ – $0,4 \cdot \Theta_3$.

Таблиця 4.3 – Коефіцієнт K_{Sh} , що встановлює взаємозв'язок між площею $S_{ск}$, м² та товщиною скла $h_{ск}$, м, яке використовується для улаштування конструкцій

$h_{ск},$ м	K_{Sh} при $S_{ск}, м^2$										
	0,8	1,0	1,2	1,4	1,5	1,6	1,8	2,0	2,5	3,0	3,5
0,003	0,435	0,370	0,320	0,280	0,2675	0,255	0,235	–	–	–	–
0,004	–	0,550	0,480	0,420	0,3975	0,375	0,335	0,305	0,260	–	–
0,005	–	–	–	–	0,535	0,500	0,450	0,410	0,340	0,285	0,250

Таблиця 4.4 – Коефіцієнт K_λ , що залежить від співвідношення сторін листа скла $\lambda_{ск}$

$\lambda_{ск}$	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
K_λ	1,25	1,11	1,04	1,01	1,00	1,01	1,06	1,15

Таблиця 4.5 – Коефіцієнт відкриття подвійного віконного скління $K_{відкр}$ залежно від наведеного тиску відкриття подвійного віконного скління $\Delta P_{доп}^*$, кПа

$\Delta P_{доп}^*$, кПа	$K_{відкр}$	$\Delta P_{доп}^*$, кПа	$K_{відкр}$	$\Delta P_{доп}^*$, кПа	$K_{відкр}$
7	0	15	0,379	23	0,894
8	0,004	16	0,474	24	0,912
9	0,014	17	0,564	25	0,924
10	0,036	18	0,648	26	0,931
11	0,074	19	0,721	27	0,935
12	0,130	20	0,782	28	0,938
13	0,202	21	0,831	29	0,939
14	0,287	22	0,867	30	0,940

Примітка. При $\Delta P_{доп}^* \leq 7$ кПа $K_{відкр} = 0$, при $\Delta P_{доп}^* \geq 30$ кПа $K_{відкр} = 0,94$

Контрольні питання

1. У яких приміщеннях улаштовують ЛСК?
2. Якої товщини скло застосовується у віконних рамах, що використовуються як ЛСК?
3. Які ви знаєте ЛСК, що руйнуються?
4. Які ви знаєте ЛСК, що зміщуються?

Практичне заняття 5 Пожежна безпека процесів ректифікації

Мета – вивчити особливості забезпечення пожежної безпеки процесів ректифікації.

Зміст роботи

Ректифікація – це якнайповніше розділення сумішей рідин, цілком або частково розчинних одна в одній. Процес ректифікації полягає в багатократній взаємодії пари з рідиною – флегмою, отриманою при частковій конденсації пари. Основними типами апаратів для проведення процесу ректифікації є колони (далі – РК) ректифікації, які за будовою можуть бути з тарілками та насадками. Основною особливістю РК є те, що для проведення ректифікації вони мають бути забезпечені відповідною теплообмінною апаратурою (кип'ятильником, підігрівачем, конденсатором-дефлегматором, холодильниками дистилляту й кубового залишку).

Кип'ятильники (підігрівачі) призначені для забезпечення утворення висхідного по РК потоку пари й можуть бути вбудованими в колони (рис. 5.1, а) або виносними (рис. 5.1, б), а конденсатори-дефлегматори – для отримання флегми за рахунок часткової конденсації парової фази, що виходить. Варіанти розташування дефлегматорів наведено на рисунку 5.2.

Процеси ректифікації проводять на установках безперервної або періодичної дії. В установці безперервної дії (рис. 5.3) необхідно, щоб суміш, яка надходить на розділення, стикалася із зустрічним потоком пари з більшою концентрацією компоненту, що кипить за високої температури, ніж у рідкій суміші.

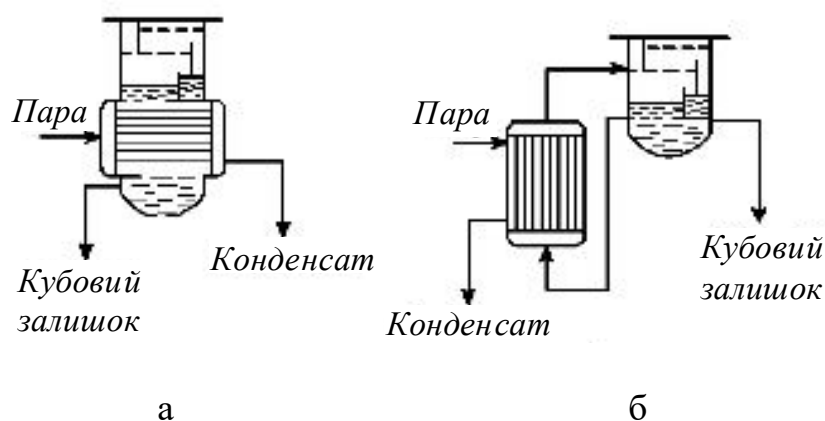


Рисунок 5.1 – Варіанти розташування кип'ятильників:
а – вбудованого; б – виносного

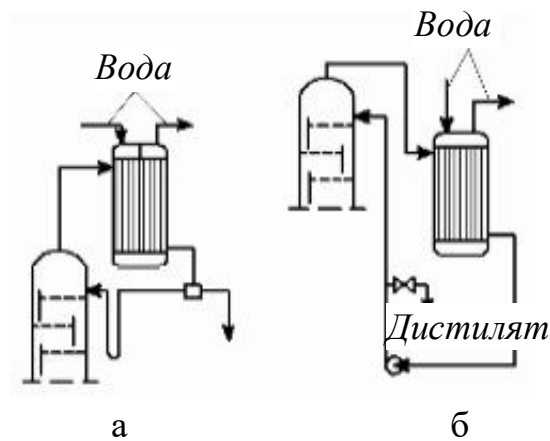


Рисунок 5.2 – Варіанти розташування дефлегматорів:
 а – подачею флегми самопливом;
 б – подачею флегми насосом

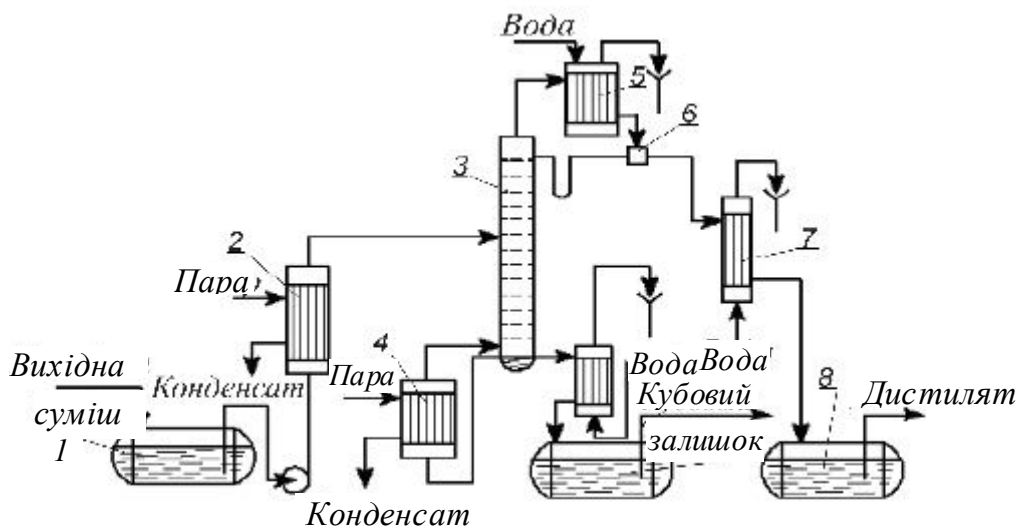


Рисунок 5.3 – Схема установки ректифікації безперервної дії:
 1 – ємність для вихідної суміші; 2 – підігрівач; 3 – колона; 4 – кип'ятильник;
 5 – дефлегматор; 6 – дільник флегми; 7 – холодильник; 8 – збірник дистильату;
 9 – збірник кубового залишку

Тому початкову суміш подають у місце РК (3), яке відповідає цій умові. Місце введення початкової суміші, нагрітої до температури кипіння в підігрівачі (2), називають тарілкою живлення, або живильною тарілкою. Тарілка живлення ділить колону на дві частини: верхню (зміцнювальну) і нижню (вичерпну). У зміцнювальній частині відбувається збагачення пари компонента, що кипить за низької температури (НК), який піднімається, а у вичерпній – видалення НК. Потік пари, що піднімається по РК, підтримується випаровуванням частини кубової рідини в кип'ятильнику (4), потік рідини,

поточної по колоні зверху вниз, поверненням частини флегми, яка утворюється при конденсації пари, котра виходить з колони, в дефлегматорі (5).

При безперервній ректифікації багатокомпонентних сумішей в установці мати бути не одна колона, а більше, оскільки в одній колоні можна розділити суміш тільки на два продукти.

Установки ректифікації, що періодично діють, – застосовують, зазвичай, для розділення рідких сумішей у тих випадках, коли використання установок, котрі безперервно діють, недоцільне. Звичайно це характерно для технологічних процесів, у яких кількості сумішей, що підлягають розділенню сумішей невелика та потрібний певний час для накопичення цих продуктів перед розділенням, або в умовах частого змінюваного складу вихідної суміші. Періодичну ректифікацію проводять на установках, схему якої наведено на рисунку 5.4.

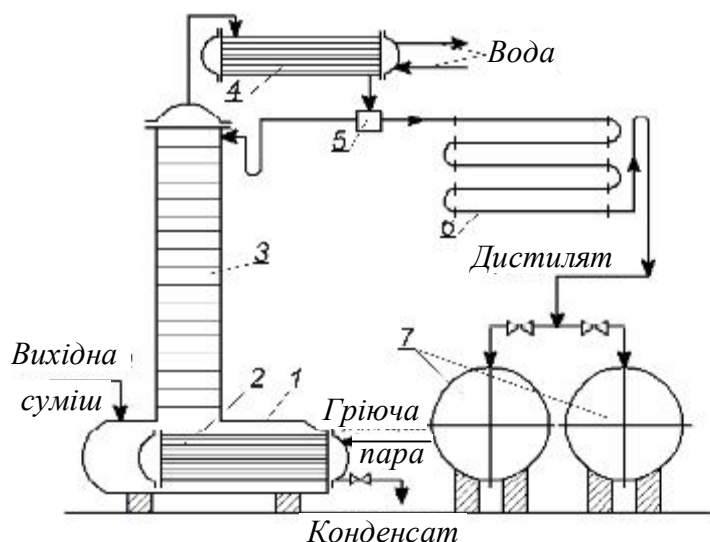


Рисунок 5.4 – Схема установки для проведення періодичної ректифікації

Вихідну суміш періодично завантажують до куба-кип'ятильника (1), забезпеченого підігрівачем (2), до якого подається теплоносій, наприклад насичена водяна пара, і доводять до кипіння. Парі, що утворюються, піднімаються по колоні (3), у якій відбувається протипотокова взаємодія цієї пари з рідиною (флегмою), що надходить з дефлегматора (4). Частина конденсату після подільника потоку (5) повертається в колону у вигляді флегми, інша частина – дистилат P – через холодильник (6) збирається в збірниках (7) у вигляді окремих фракцій. Процес ректифікації закінчують зазвичай після того, як буде досягнуто заданий середній склад дистилату. Отже, колона 3 є аналогом зміцнюючої частини колони безперервної дії, а куб виконує роль вичерпної частини.

Пожежна небезпека процесів ректифікації визначається пожежонебезпечними властивостями речовин і режимом роботи РК (температура, тиск).

Більшість колон працюють під невеликим тиском 0,12 – 0,7 МПа. При нормальних режимах роботи, в РК, що працюють під надмірним тиском,

утворення горючої суміші неможливе. Горючі концентрації усередині РК можуть утворюватися в періоди зупинки на ремонт і пуску колон після ремонту. При аваріях або несправностях у колонах, які працюють під тиском, можливі: вихід і займання продукту, якщо продукт нагрітий до температури самозаймання та вище, а в колонах, які працюють під вакуумом, підсмоктування повітря й утворення вибухонебезпечних концентрацій усередині колони.

Причини утворення нещільності й пошкоджень у РК: підвищення тиску, температурні й механічні дії, хімічний знос обладнання. Підвищення тиску є наслідком порушень матеріального й енергетичного балансів, процесу нормальної конденсації парової фази, попадання у високо нагріті РК рідин з низькою температурою кипіння.

Джерелами запалювання у процесах ректифікації можуть бути: вогняні роботи; самозаймання нагрітого продукту; самозаймання пірофорних відкладень; нагріті поверхні РК й іншого обладнання.

Пожежа на колоні ректифікації може швидко досягти великих масштабів, оскільки в результаті аварії можливий вихід назовні великої кількості горючої рідини та її пари. Ті пари горючої рідини, що виходять назовні, можуть привести до утворення вибухонебезпечних концентрацій в об'ємі приміщень або на території відкритих майданчиків. Розповсюдженню пожежі сприяють системи виробничої вентиляції та каналізації.

Контрольні питання

1. Що таке ректифікація?
2. Що є основними типами апаратів для проведення процесу ректифікації, та в чому полягають їх особливості?
3. Для чого призначені кип'ятильники (підігрівачі)?
4. Для чого призначені конденсатори-дефлегматори?
5. Для чого застосовують установки безперервної дії?
6. Із чого складається установка безперервної дії?
7. Для чого застосовують установки періодичної дії?
8. Чим визначається пожежна небезпека процесів ректифікації?
9. Із чого складається установка для проведення періодичної ректифікації?
10. Коли можуть утворюватися горючі концентрації усередині РК?
11. У чому полягають причини утворення нещільності та пошкоджень у РК?
12. Що може бути джерелами запалювання в процесах ректифікації?
13. До чого може призвести пожежа на РК?
14. Що необхідно робити за відсутності стаціонарних приладів автоматичного контролю рівня рідини в сепараторах?
15. Як має розміщуватися на відкритих майданчиках обладнання ректифікації?

Практичне заняття 6 Пожежна безпека хімічних реакторів

Мета – вивчити особливості забезпечення пожежної безпеки хімічних реакторів.

Зміст роботи

Хімічний реактор – це апарат для проведення хімічних реакцій.

Хімічні реактори класифікуються за способом організації процесу; за тепловим режимом; режиму руху реакційного середовища; фазовим станом початкових реагентів; конструктивним оформленням теплообмінних пристроїв.

За способом організації процесу розрізняють реактори періодичної, напівбезперервної та безперервної дії. У реакторах періодичної дії початкову сировину (реагенти) завантажують через певні проміжки часу. Після здійснення хімічних перетворень продукти реакції вивантажують із реактора. Після закінчення розвантаження реактора та його повторного завантаження процес повторюється. Отже, у реакторах періодичної дії всі його стадії (завантаження, реакція, розвантаження), перебігають в одному місці (в одному апараті), але в різний час.

У реакторах напівбезперервної (комбінованої) дії один із початкових реагентів завантажуються безперервно, інший – періодично. Іноді реагенти надходять до реактора періодично, продукти реакції вивантажуються безперервно.

У реакторах безперервної дії надходження початкових реагентів, сама хімічна реакція та вивантаження продуктів реакції проводяться одночасно й безперервно, але роз'єднані в просторі, тобто здійснюються в різних частинах одного апарата.

За тепловим режимом реактори бувають ізотермічні, адіабатичні, з програмованим тепловим режимом.

Реактори, в яких процес перебігає при постійній температурі в усіх точках реакційного об'єму, називають ізотермічними. Досягти постійності температури в реальних умовах дуже складно, тому для більшості реакторів найбільш характерним є політропічний режим, тобто часткове відведення тепла реакції або підведення тепла ззовні. Для відведення й підведення тепла використовуються відповідні тепло- та холодоагенти.

Реактори, що працюють без теплообміну з навколишнім середовищем, називаються адіабатичними. Усе тепло, що виділяється (або що поглинається) в реакторі, акумулюється реакційною сумішшю. Ці реактори прості за конструкцією, у них немає теплообмінних пристроїв. Для створення адіабатичного режиму використовують теплоізоляцію.

У реакторах із програмованим тепловим режимом теплообмін здійснюється відповідно до заданої програми зміни температури по висоті реактора або в певних точках реакційного об'єму (у певні проміжки часу).

За режимом руху реакційного середовища розрізняють реактори витіснення і реактори з перемішуванням (при безперервній дії реактора).

Реактор витіснення (рис. 6.1) характеризується тим, що в ньому всі частинки продукту рухаються в заданому напрямі, не перемішуючись із частинками, що рухаються попереду і позаду, повністю витісняючи, подібно до поршня, частинки потоку, що є попереду. Час перебування всіх частинок реакційного середовища в апаратах ідеального витіснення однаковий. Склад реакційної суміші змінюється поступово, по довжині (висоті) реактора, унаслідок проходження хімічної реакції.

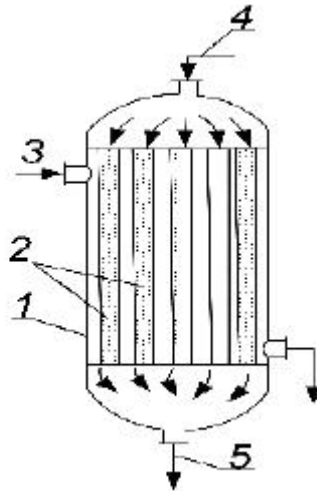


Рисунок 6.1 – Реактор витіснення трубчастого типу:
1 – корпус; 2 – каталізатор; 3 – теплоносій (холодоагент);
4 – початкові продукти; 5 – продукти реакції

Реактори з перемішуванням (рис. 6.2, 6.3), характеризуються тим, що реагенти, інтенсивно перемішуються за допомогою мішалки. Реагенти безперервно подаються до реактора, а продукти реакції безперервно виводяться. Частинки, що поступають до такого реактора, миттєво змішуються з частинками, що вже є в ньому. У наслідок цього в усіх точках реакційного об'єму вирівнюються параметри, що характеризують процес.

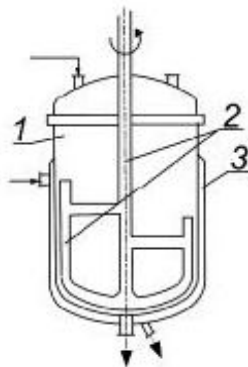


Рисунок 6.2 – Схема реактора зі скребковою мішалкою:
1 – корпус; 2 – мішалка; 3 – сороцька для підігрівання й охолодження

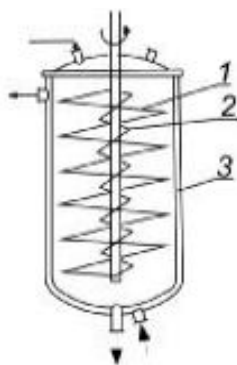


Рисунок 6.3 – Схема реактора зі спіралеподібною мішалкою:

1 – спіраль великого діаметра; 2 – спіраль малого діаметра;

3 – сорочка охолодження

За фазовим станом вихідних реагентів реактори бувають гомогенні й гетерогенні. Гомогенним називають реактор, якщо в ньому реагуючі речовини перебувають в одній фазі, наприклад тільки в рідкій або тільки в газоподібній, а гетерогенним – якщо в реакторі реагуючі речовини розміщуються в різних агрегатних станах.

За конструктивним виконанням теплообмінних пристроїв розрізняють реактори з сорочкою, з внутрішніми змійовиками, із зовнішнім (внутрішнім) теплообмінником і з подвійними трубками.

Система теплообміну може бути безперервною та ступінчастою. На рисунку 6.4 наведено найбільш найпоширені ці теплообмінні пристрої, вживані в реакторах із перемішуванням, а на рисунку 6.5 – у реакторах витіснення.

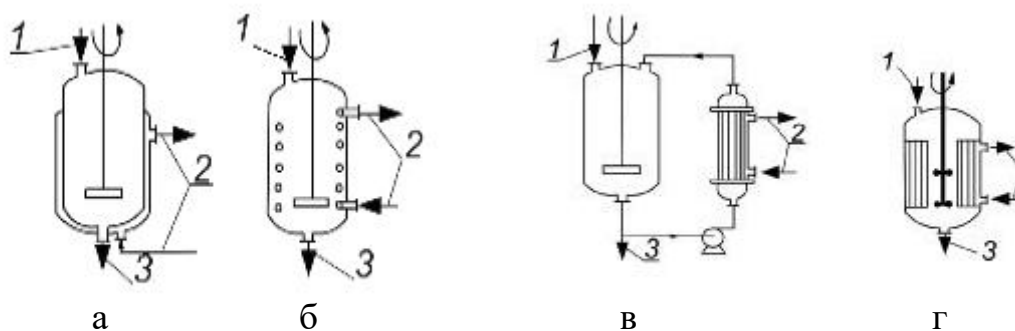


Рисунок 6.4 – Схема теплообмінних пристроїв у реакторах з перемішуванням

а – апарат з сорочкою; б – апарат з внутрішнім змійовиком; в – апарат

із зовнішнім теплообмінником; г – апарат з внутрішнім теплообмінником;

1 – вихідна речовина; 2 – теплоносій; 3 – продукти реакції

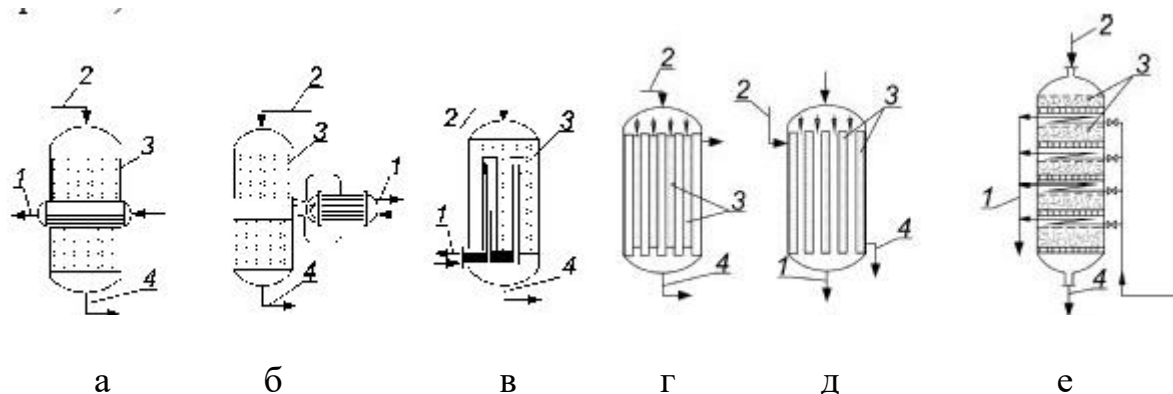


Рисунок 6.5 – Схеми теплообмінних пристроїв у реакторах витіснення:
 а – внутрішній теплообмінник; б – зовнішній теплообмінник; в – подвійні трубки; г, д – кожухотрубчасті теплообмінники; е – внутрішні змійовики;
 1 – теплоносій (холодоагент); 2 – вихідна речовина; 3 – каталізатор;
 4 – продукти реакції.

Безперервне відведення (підведення) тепла здійснюється через теплообмінну поверхню по всій висоті реактора. При ступінчастому відведенні (підводі) тепла реактор ділиться на адіабатичні секції з проміжним охолодженням (підігрівом).

У реакторах, окрім хімічних, перебігають і фізичні процеси, за допомогою яких створюються оптимальні умови для здійснення хімічних реакцій (підтримуються певна температура, тиск, швидкість перемішування й ін.). Тому хімічні реактори з'єднуються з іншими технологічними апаратами (компресорами, насосами, теплообмінниками, сепараторами).

Машини й апарати, що поєднані між собою в певній послідовності, утворюють технологічну схему. При цьому апарати, розташовані до реактора, призначені для підготовки і подачі вихідних реагентів у реактор, а розташовані після реактора – для виділення цільового продукту, що отримується внаслідок хімічних перетворень.

Пожежну небезпеку хімічних реакторів визначають фізико-хімічні та пожежонебезпечні властивості вихідних реагентів і продуктів реакції; властивості реакційного середовища й каталізаторів (ініціаторів), що застосовуються; параметри процесу, що проходить у реакторі (тиск, температура, об'ємна або масова швидкість); тип і конструктивні особливості реактора.

Горюче середовище в період нормального ведення технологічного процесу в реакторі не утворюється, оскільки в початкових реагентах і продуктах реакції відсутній окиснювач. Горюче середовище може утворитися в періоди завантаження або вивантаження, при заміні відпрацьованого каталізатора, якщо порушується безпечне співвідношення між паливом і окиснювачем при подачі їх у реактор.

Каталізатори можуть бути вибухопожежонебезпечними та стати джерелами запалювання. Органічні сполуки мають велику хімічну активність, самозаймаються на повітрі, реагують (із вибухом) з водою та іншими

речовинами. Для збільшення поверхні контакту каталізатора з речовиною його наносять на пористу основу (активоване вугілля, силікагель, кераміку й ін.) із розвиненою поверхнею. Каталізатори, приготовані на основі активованого вугілля, схильні до самозаймання.

Шляхи розповсюдження пожежі: при нормальному перебігу технологічного процесу вихід газів, пари й рідин із реакторів виключений, оскільки вони зачинені герметично. Вихід горючих речовин до виробничого приміщення або на відкритий майданчик можливий тільки у разі пошкоджень або виникнення аварій. Пошкодження (аварії) реакторів можуть відбутися при порушенні матеріального балансу в реакторі, збільшенні швидкості хімічної реакції (призводить до значного підвищення тиску й температури в реакторі) і зниженні механічної міцності стінок реактора.

Контрольні питання

1. Як класифікуються хімічні реактори?
2. Реактори періодичної дії.
3. Реактори напівбезперервної дії.
4. Реактори безперервної дії.
5. Ізотермічні реактори.
6. Адіабатичні реактори.
7. Реактори з програмованим тепловим режимом.
8. Реактори витіснення.
9. Реактори з перемішуванням.
10. Гомогенні реактори.
11. Гетерогенні реактори.
12. Як класифікують реактори за конструктивним виконанням теплообмінних пристроїв?
13. Чим визначається пожежна небезпека хімічних реакторів?
14. Коли може утворитися горюче середовище в хімічному реакторі?
15. Унаслідок чого виникають пошкодження (аварії) хімічних реакторів?
16. Експлуатація яких хімічних реакторів не допускається?
17. Що заборонено робити у реакторному відділенні?
18. Як правильно здійснювати завантаження порошкоподібних вибухопожежонебезпечних речовин?
19. Що необхідно робити при використанні металоорганічних каталізаторів?
20. Що необхідно забезпечити у реакторах, у яких відбувається перемішування вибухопожежонебезпечних речовин?
21. Що не допускається робити при використанні зрідженого газу як холодоагенту?

2 САМОСТІЙНА РОБОТА

Загальні положення

У процесі вивчення дисципліни «Пожежна безпека технологічних процесів» для студентів денної форми навчання спеціальності 263 – «Цивільна безпека» передбачено самостійне вивчення окремих питань згідно зі змістом і тематикою дисципліни. Самостійна робота є складовою частиною навчального процесу на рівні підготовки бакалаврів і сприятиме розвитку навичок до самостійного вирішення питань пожежної безпеки у виробничій діяльності.

Мета самостійної роботи – доповнення та закріплення знань, набутих за час вивчення теоретичного курсу, активізація творчих здібностей студентів, розвиток навичок роботи з нормативними джерелами, а також підготовка до самостійного створення необхідного рівня пожежної безпеки на виробництві.

Рекомендації до самостійної роботи

Вивчення рекомендованого для самостійної роботи матеріалу повинно виконуватися послідовно. Самостійна робота повинна відбуватися паралельно з викладенням лекційного матеріалу відповідної тематики.

Теми для самостійної роботи наведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Теми для виконання самостійної роботи

№ з/п	Найменування тем
1	Пожежна небезпека переробки газового конденсату
2	Пожежна небезпека зберігання ГГ у балонах
3	Пожежна небезпека очищення нафти
4	Пожежна небезпека целюлозовмісних матеріалів
5	Пожежна небезпека полімерних та композиційних матеріалів
6	Гасіння речовин у конденсованому стані
7	Гасіння піною легкозаймистих та горючих рідин
8	Протипожежний та протиаварійний захист абсорберів та адсорберів
9	Пожежно-технічне обстеження сільськогосподарського підприємства
10	Протипожежний та протиаварійний захист ректифікаційних установок

Вивчення кожного нормативного документа під час самостійної роботи перевіряється шляхом тестування під час проведення модуля відповідної тематики.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Михайлюк О. П. Теоретичні основи пожежної профілактики технологічних процесів та апаратів : підручник / О. П. Михалюк. – Харків : АЦЗУ, 2004. – 407 с.
2. Алексеев М. В. Основы пожарной профилактики в технологических процессах производств / М. В. Алексеев. – М. : ВИПТШ МВД СССР, 1972. – 338 с.
3. Алексеев М. В. Пожарная профилактика в технологических процессах производств / М. В. Алексеев. – М. : ВИПТШ МВД СССР, 1976. – 292 с.
4. Клубань В. С. Пожарная безопасность предприятий промышленности и агропромышленного комплекса / В. С. Клубань. – М. : Стройиздат, 1987. – 398 с.
5. Шебеко Ю. Н. Расчет основных показателей пожаровзрывоопасности веществ и материалов / Ю. Н. Шебеко, В. Ю. Навценя. – М. : ВНИИПО, 2002. – 77 с.
6. Ройтман В. М. Инженерные решения по оценке огнестойкости проектируемых и реконструируемых зданий / В. М. Ройтман. – М. : Пожарная безопасность и наука, 2001. – 382 с.

Виробничо-практичне видання

Методичні рекомендації
до організації самостійної роботи та проведення практичних занять
із навчальної дисципліни

«ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ»

*(для студентів усіх форм навчання першого (бакалаврського) рівня вищої
освіти за спеціальністю 263 – Цивільна безпека,
освітня програма «Цивільний захист»)*

Укладачі: **БІЛИМ** Павло Анатолійович
ГЛУШЕНКОВА Ірина Сергіївна

Відповідальний за випуск *В. Е. Абракітов*

Редактор В. І. Шалда

Комп'ютерне верстання *П. А. Білим*

План 2019, поз. 176 М

Підп. до друку 14.05.2021. Формат 60×84/16.
Друк на різнографі. Ум. друк. арк. 2,4.
Тираж 50 пр. Зам. №

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.
Електронна адреса: office@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК 5328 від 11.04.2017.