

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
до організації та виконання розрахунково-графічної роботи
з навчальної дисципліни

«ОСНОВИ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ»

*(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти всіх форм
навчання зі спеціальності 263 – Цивільна безпека)*

Харків
ХНУМГ ім. О.М. Бекетова
2025

Методичні рекомендації до організації та виконання розрахунково-графічної роботи з навчальної дисципліни «Основи пожежної безпеки» (для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти всіх форм навчання зі спеціальності 263 – Цивільна безпека / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. А. О. Михайлюк. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2025. – 31 с.

Укладач канд. техн. наук, ст. наук. співр., доц. А. О. Михайлюк

Рецензент

А. С. Рогозін, кандидат технічних наук, доцент кафедри охорони праці та безпеки життєдіяльності Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

Рекомендовано кафедрою охорони праці та безпеки життєдіяльності, протокол № 22 від 28.02.2025

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Вибір завдання та рекомендації до виконання розрахунково-графічної роботи.....	5
1.1 Вибір завдання.....	5
1.2 Вимоги до оформлення роботи.....	6
2 Зміст основної частини роботи та рекомендації до її виконання.....	8
2.1 Структура основної частини роботи.....	9
2.2 Методика виконання окремих розділів роботи.....	9
3 Завдання до розрахунково-графічної роботи.....	19
4 Приклади виконання розрахунків.....	21
4.1 Визначення категорії приміщення за вибухопожежною та пожежною небезпекою.....	21
4.2 Визначення критичного часу розвитку пожежі для перебування людей у приміщенні.....	22
5 Критерії оцінювання знань здобувачів під час виконання розрахунково-графічної роботи.....	24
Список рекомендованої літератури.....	25
Додаток А.....	26
Додаток Б.....	27

ВСТУП

Розрахунково-графічна робота (РГР) є самостійною роботою здобувача першого (бакалаврського) рівня вищої освіти всіх форм навчання зі спеціальності 263 – Цивільна безпека.

Метою викладання навчальної дисципліни «Основи пожежної безпеки» є оволодіння компетентностями, необхідними для створення і підтримання здорових та безпечних умов праці, життєдіяльності людини, забезпечення цивільного захисту, пожежної та техногенної безпеки, а також реагування на надзвичайні ситуації та ліквідацію їх наслідків.

Розрахунково-графічна робота виконується з метою закріплення, поглиблення та узагальнення знань, отриманих здобувачами під час вивчення дисципліни «Основи пожежної безпеки», а також практичного застосування цих знань щодо комплексного розв'язання конкретного інженерного завдання щодо забезпечення цивільного захисту, пожежної та техногенної безпеки об'єктів.

Виконуючи РГР, здобувачі повинні навчитися:

- визначати та оцінювати пожежовибухонебезпечні властивості речовин і матеріалів, ознаки та класифікацію процесів горіння, умови запалювання горючих систем;
- оцінювати процеси впливу шкідливих і небезпечних чинників пожежі; вміти застосовувати теорії захисту населення, території та навколишнього природного середовища від уражувальних чинників джерел надзвичайних ситуацій;
- вміти визначати та оцінювати причини й наслідки пожеж та вибухів на виробництвах з метою вдосконалення їх протипожежного захисту;
- прогнозувати безпечну роботу газодимозахисної служби, експлуатацію комплектів засобів індивідуального захисту рятувальників;
- навчитися виконувати розрахунки, аналізувати і розробляти заходи пожежної безпеки;
- навчитися користуватися державними і галузевими стандартами, нормативно-технічною і довідковою літературою.

1 ВИБІР ЗАВДАННЯ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ

1.1 Вибір завдання

Основним завданням при виконанні РГР (далі – роботи) «Забезпечення пожежної безпеки аміачно-компресорного цеху виробництва» є аналіз пожежної небезпеки аміачно-компресорного цеху з метою розроблення протипожежних заходів, що є основним складником системи забезпечення пожежної безпеки об'єктів.

Кожний здобувач вищої освіти виконує роботу за своїм варіантом, номер якого визначається за останньою цифрою залікової книжки. Завдання до роботи наведені в розділі 3, вихідні дані до них та номери варіантів вказані в таблиці Б.1 додатка Б.

До виконання роботи здобувачі вищої освіти приступають після отримання індивідуального завдання від викладача згідно з навчальним планом вивчення дисципліни.

Індивідуальні консультації здобувачів щодо вимог до виконання роботи, особливостей її виконання проводяться на практичних заняттях та під час проведення індивідуальних консультацій.

Навчально-методична, нормативна та довідкова література, необхідна для виконання роботи, наведена у списку рекомендованої літератури до цих методичних рекомендацій.

Виконання роботи здійснюється здобувачами під час самостійної роботи.

До захисту РГР допускаються здобувачі, які успішно виконали в зазначений термін усі розділи індивідуального завдання і належним чином оформили всі результати, що були отримані під час виконання роботи.

Критерії оцінювання знань здобувачів під час виконання розрахунково-графічної роботи наведені в розділі 5.

1.2 Вимоги до оформлення роботи

Мова роботи – державна, стиль – науковий, чіткий, без орфографічних і синтаксичних помилок, послідовність – логічна. Пряме переписування в роботі матеріалів і літературних джерел є неприпустимим. Залежно від особливостей і змісту роботу складають у вигляді тексту, ілюстрацій, таблиць або їх сполучення.

Роботу оформлюють на аркушах формату А4 (210 мм × 297 мм). У друкованому варіанті текст розташовують через міжрядковий інтервал 1,5 до тридцяти рядків на сторінці з мінімальною висотою шрифту 1,8 мм (комп'ютерний набір – 14-й кегль, шрифт – Times New Roman). Абзацний відступ повинен бути однаковим упродовж усього тексту роботи і дорівнювати п'яти знакам. Текст роботи розміщують на аркуші з дотриманням таких розмірів полів: з лівого боку – не менше ніж 20 мм, з правого – 10 мм, зверху – 20 мм, знизу – 20 мм.

Структурні елементи «ЗМІСТ», «ВСТУП», «ВИСНОВКИ», «СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ», «ДОДАТКИ» не нумерують, назви друкують великими літерами симетрично до тексту, без крапки в кінці, не підкреслюючи.

Розрахунки, що виконуються в РГР, необхідно супроводжувати розшифруванням розрахункових формул (поясненням величин, що входять до формул, та їх розмірностями в системі СІ).

Посилання на літературні джерела, що використовуються в роботі, необхідно вказувати у квадратних дужках за текстом.

При виконанні РГР необхідно додержуватися послідовності при роботі над текстом, виконання вимог щодо оформлення переліку використаної літератури. Рекомендується використовувати наукові тези, доповіді, інформаційні листи, огляди і описи надзвичайних ситуацій.

Кількість обсягу роботи – не менше 10-ти сторінок друкованого тексту або 15 сторінок рукописного.

Титульний аркуш. Титульний аркуш є першою сторінкою роботи і містить дані про виконавця й керівника, найменування теми роботи. Приклад оформлення титульної сторінки роботи наведено в додатку А.

Зміст. Зміст розташовують безпосередньо після титульної, починаючи з нової сторінки. До змісту включають вступ; послідовно перелічені назви всіх розділів, підрозділів, пунктів і підпунктів (якщо вони мають заголовки) основної частини роботи; висновки; список використаних джерел; додатки.

Вступ. У вступі обґрунтовують актуальність обраної теми, мету і поставлені завдання, формулюють об'єкт і предмет дослідження. Необхідно розкрити важливість оцінки пожежної небезпеки виробничих об'єктів, звернути увагу на законодавче та нормативно-правове забезпечення, навести статистику пожеж і надзвичайних ситуацій на об'єктах, що розглядаються.

Вступ становить 1–3 сторінки рукописного тексту, у ньому стисло викладають обґрунтування актуальності теми, мету і зміст поставлених завдань, формулювання об'єкта і предмета дослідження.

Основна частина. Основна частина роботи складається з трьох розділів. Рекомендації до їх виконання наведено в розділі 2 цих методичних рекомендацій.

Висновки. Висновки наводять в окремому розділі, вони є стислим викладенням підсумків проведеної здобувачем вищої освіти роботи щодо оцінювання стану пожежної небезпеки об'єкта та розробки заходів пожежної безпеки. Текст висновків може поділятися на пункти. Обсяг висновків не повинен перевищувати 1–2 сторінок.

Список використаних джерел. Список використаних джерел, на які є посилання в основній частині, наводять після висновків, починаючи з нової сторінки. Такий список – одна з суттєвих частин роботи, що віддзеркалює самостійну творчу працю її автора. Список використаних джерел необхідно складати за таким порядком: спочатку наводять законодавчі й нормативні акти,

статистичні довідники, потім – загальну й спеціальну літературу, електронні джерела за алфавітом.

Додатки. Додатки оформляють як продовження роботи на її наступних сторінках або у вигляді окремої частини. Розташовують додатки за порядком появи посилань на них у тексті роботи. Кожний додаток повинен починатися з нової сторінки, мати заголовок, надрукований вгорі малими літерами, з першої великої симетрично відносно тексту сторінки, наприклад: «Додаток А».

2 ЗМІСТ ОСНОВНОЇ ЧАСТИНИ РОБОТИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ЇЇ ВИКОНАННЯ

Метою основної частини РГР є визначення стану пожежної небезпеки аміачно-компресорного цеху виробництва з метою розробки протипожежних заходів, що є основним складником системи забезпечення пожежної безпеки об'єктів. Виконання основних розділів роботи ґрунтується на основних вимогах нормативних документів та робочої навчальної програми вивчення дисципліни «Основи пожежної безпеки».

2.1 Структура основної частини роботи

Основна частина РГР складається з таких розділів:

1 Загальна характеристика об'єкта.

1.2 Опис технологічного процесу.

1.3 Характеристика основного технологічного обладнання.

1.4 Визначення виду та кількості небезпечних речовин, що використовуються на об'єкті.

2 Визначення стану пожежної небезпеки об'єкта.

2.1 Визначення пожежовибухонебезпечних властивостей речовин і матеріалів, що використовуються на об'єкті.

2.2 Визначення можливості утворення горючого середовища у технологічному обладнанні та виробничому приміщенні.

2.3 Розрахункове визначення категорії виробничого приміщення за вибухопожежною та пожежною небезпекою.

2.4 Оцінка можливих джерел запалювання.

2.5 Визначення умов та шляхів поширення пожежі.

2.6 Визначення критичного часу розвитку пожежі для перебування людей у приміщенні.

3 Розробка заходів щодо забезпечення пожежної безпека об'єкта.

2.2 Методика виконання окремих розділів роботи

Виконання окремих розділів РГР може спричинити певні труднощі. У зв'язку з цим нижче наведено деякі рекомендації щодо їх виконання.

Розділ 1 Загальна характеристика об'єкта

У розділі 1 необхідно надати загальну характеристику об'єкта (аміачно-компресорного цеху виробництва), визначити суть та основні параметри технологічних процесів, визначити найбільш небезпечне обладнання з наявністю найбільшої кількості горючих речовин і матеріалів. Основне призначення об'єкта вказане у завданні. Здобувач повинен самостійно, виходячи з призначення об'єкта, встановити основне технологічне обладнання, особливості його експлуатації, аварійність, причини пожеж чи загорань, користуючись інформацією інших джерел.

Наступним етапом в цьому розділі є визначення виду та кількості небезпечних речовин, що використовуються в технологічному обладнанні. Для визначення кількості небезпечних речовин необхідно встановити їхню кількість у кожному апараті і трубопроводі з урахуванням робочої температури, тиску та фізико-хімічних властивостей речовин і матеріалів.

Розділ 2 Визначення стану пожежної безпеки об'єкта

2.1 Визначення пожежовибухонебезпечних властивостей речовин і матеріалів, що використовуються на об'єкті, проводять за показниками пожежної безпеки речовин і матеріалів згідно з довідковими даними таблиці Б.2 додатка Б.

Приклад. Етилен, етен, C_2H_4 , горючий безбарвний газ. Молярна маса – 28,05 кг/кмоль; густина по повітрю – 0,974 кг/м³; теплота згорання – 1 318 кДж/моль; температура самоспалахування – 435 °С; концентраційні межі поширення полум'я – 2,7–34 % об. у повітрі; максимальний тиск вибуху – 830 кПа; максимальна швидкість підвищення тиску – 37,7 МПа/с; мінімальна енергія запалювання – 0,12 мДж.

2.2 Визначення можливості утворення горючого середовища у технологічному обладнанні та виробничому приміщенні.

При проведенні аналізу можливості утворення горючого середовища необхідно встановити умови його утворення всередині технологічного обладнання та за його межами (у приміщенні або на технологічному майданчику), при нормальній роботі обладнання та при аварії.

Оцінку можливості утворення горючого середовища проводять за умовою пожежовибухонебезпеки:

$$\varphi_n \leq \varphi_p \leq \varphi_v, \quad (2.1)$$

де φ_p – робоча концентрація горючої речовини в апараті, об. част. (кг/м³ або % об.);

φ_n , φ_v – відповідно, нижня та верхня концентраційні межі поширення полум'я газопароповітряних сумішей за робочої температури, об. част. (кг/м³ або % об.) (табл. Б.2 дод. Б).

За результатами порівняння робочої концентрації горючого газу з показниками нижньої та верхньої концентраційної меж поширення полум'я необхідно зробити висновок про можливість чи неможливість утворення пожежовибухонебезпечної суміші.

2.3 Розрахункове визначення категорії виробничого приміщення за вибухопожежною та пожежною безпеною.

Визначення категорії аміачно-компресорного цеху за вибухопожежною та пожежною безпеною є основною розрахунковою частиною роботи, адже за результатами встановлення категорії приміщення необхідно правильно визначити заходи пожежної безпеки згідно з вимогами нормативних документів.

Вихідні дані до розрахунків наведені в таблиці Б.1 додатка Б.

Визначення категорій приміщень здійснюється згідно з таблицею 4.1 ДСТУ Б.В.1.1–36:2016. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною безпеною шляхом послідовної перевірки належності приміщення до категорій від найвищої (категорія А) до найнижчої (категорія Д) [2].

При визначенні категорії приміщення за вибухопожежною та пожежною безпеною необхідно насамперед вивчити технологічний процес, його параметри та ознайомитися з розмірами виробничого приміщення (вихідні дані до завдання роботи). При розрахунку значень критеріїв вибухопожежної безпеки як розрахунковий варто обирати найбільш несприятливий варіант аварії або період нормальної роботи апаратів, за яким у вибуху бере участь найбільша кількість речовин і матеріалів, що найбільш небезпечні щодо наслідків вибуху.

Для виробничого приміщення вся процедура визначення категорії за вибухопожежною та пожежною безпеною містить такі етапи [2]:

- розрахункове визначення маси речовини, що надходить до приміщення при розгерметизації технологічного обладнання;
- розрахункове визначення надлишкового тиску вибуху;
- висновок щодо визначення категорії приміщення.

Розрахункове визначення надлишкового тиску вибуху здійснюється з урахуванням особливостей хімічного складу горючих речовин та матеріалів.

Надлишковий тиск вибуху для індивідуальних горючих речовин, які складаються з атомів С, Н, О, N, Cl, Br, I, F, визначається за формулою

$$\Delta P = (P_{\max} - P_0) \frac{mZ}{V_{\text{вільн.}} \rho_{\text{г.п.}}} \cdot \frac{100}{C_{\text{ст.}}} \cdot \frac{1}{K_n}, \quad (2.2)$$

де P_{\max} – максимальний тиск вибуху стехіометричної газоповітряної або пароповітряної суміші у замкнутому об'ємі, який визначається дослідним шляхом або приймається за довідниковими даними (у разі відсутності таких даних допускається приймати P_{\max} таким, що дорівнює 900 кПа);

P_0 – початковий тиск, кПа (допускається приймати таким, що дорівнює 101 кПа);

m – маса горючих газів (ГГ) або парів легкозаймистих рідин (ЛЗР) та горючих рідин (ГР), що в результаті розрахункової аварії потрапили до приміщення, кг;

Z – коефіцієнт участі ГГ або парів у вибуху, який може бути розрахований на підставі характеру розподілення газів і парів в об'ємі приміщення згідно з таблицею 2.1;

$V_{\text{вільн.}}$ – вільний об'єм приміщення, м³ (вільний об'єм приміщення визначають як різницю між геометричним об'ємом приміщення (з урахуванням підвісних стель у разі їх наявності) і об'ємом, який займає технологічне обладнання. Якщо вільний об'єм приміщення визначити неможливо, допускається приймати його рівним 80 % від загального об'єму приміщення);

$\rho_{\text{г.п.}}$ – густина газу або пари при розрахунковій температурі t_p , кг/м³, що визначається за формулою

$$\rho_{\text{г.п.}} = \frac{M}{V_0(1+0,00367t_p)}, \quad (2.3)$$

де M – молярна маса, кг/кмоль⁻¹;

V_0 – мольний об'єм, що дорівнює 22,413 м³/кмоль;

t_p – розрахункова температура, °С (як розрахункову температуру варто приймати максимально можливу температуру повітря в приміщенні у відповідній кліматичній зоні або максимально можливу температуру повітря за

технологічним регламентом з урахуванням можливого підвищення температури в разі аварійної ситуації);

$C_{ст}$ – стехіометрична концентрація ГГ або парів ЛЗР та ГР, % (об.), що визначається за формулою

$$C_{ст} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot \beta}, \quad (2.4)$$

де $\beta = n_c + \frac{n_H - n_x}{4} - \frac{n_o}{2}$ – стехіометричний коефіцієнт кисню в реакції згорання

(при розрахунку β атоми азоту не враховуються);

n_c, n_H, n_o, n_x – число атомів С, Н, О та галогенів у молекулі ГГ або парів ГР;

K_H – коефіцієнт, що враховує негерметичність приміщення й адіабатичність процесу горіння. Допускається приймати K_H рівним 3.

Таблиця 2.1– Значення коефіцієнта (Z) участі ГГ або парів ЛЗР у вибуху

Вид горючої речовини	Значення Z
Водень	1,0
ГГ (крім водню)	0,5
ЛЗР та ГР, які нагріті до температури спалаху і вище	0,3
ЛЗР та ГР, які нагріті нижче температури спалаху, за умови можливості утворення аерозолі	0,3
ЛЗР та ГР, які нагріті нижче температури спалаху, за неможливості утворення аерозолі	0

За результатами розрахунку надлишкового тиску вибуху в приміщенні аміачної компресорної необхідно зробити висновок про встановлену категорію приміщення згідно з таблицею 4.1[2].

Приклад розрахункового визначення категорії приміщення за вибухопожежною та пожежною небезпекою наведено в розділі 4.1.

2.4 Оцінка можливих джерел запалювання.

При проведенні аналізу можливості появи в горючому середовищі джерела запалювання необхідно встановити вид, причину, місце та природу

джерела запалювання. При цьому необхідно звернути увагу на те, що не всяке джерело тепла здатне запалити будь-яке горюче середовище і навіть горючу суміш. Для того щоб джерело тепла стало джерелом примусового запалювання конкретного горючого середовища, необхідне виконання трьох умов [5]:

1) температура джерела тепла ($t_{д.т}$) повинна бути не нижче температури самоспалахування горючої речовини ($t_{ссп}$):

$$t_{д.т} \geq t_{ссп}; \quad (2.5)$$

2) енергія джерела тепла ($w_{д.т}$) повинна бути не менше мінімальної енергії запалювання горючого середовища (w_{min}):

$$W_{д.т} \geq W_{min}; \quad (2.6)$$

3) тривалість дії джерела тепла ($\tau_{д.т}$) повинна бути не менше періоду індукції ($\tau_{інд}$):

$$\tau_{д.т} \geq \tau_{інд}. \quad (2.7)$$

Для полегшення процесу виявлення потенційних джерел запалювання можна скористатися їх класифікацією за природою виникнення, які поділяють так [5]:

- теплові прояви хімічної енергії;
- теплові прояви механічної енергії;
- теплові прояви електричної енергії.

Наприклад, виконання вогневих робіт на працюючих компресорах або поблизу працюючих компресорів аміачно-компресорного цеху з порушенням вимог безпеки може призвести до вибухів або пожежі мастилосистеми. Крім цього, при експлуатації компресорів можуть бути відхилення від нормальної роботи, в результаті чого з'являються шуми, стук та перегрів деталей агрегату. Тепло, що виділяється внаслідок тертя деталей, може бути джерелом

запалювання для горючих сумішей.

Оцінку можливості запалювання горючого середовища від встановленого джерела запалювання допускається проводити за умовою (2.5).

У висновку визначаємо потенційні джерела запалювання для цього технологічного процесу.

2.5 Визначення умов та шляхів поширення пожежі.

На виробництвах з пожежовибухонебезпечними технологічними процесами майже завжди існують умови для швидкого поширення пожежі.

Поширенню пожежі, яка виникла на виробництві, будуть сприяти такі умови:

- наявність значної кількості горючих речовин і матеріалів на виробничих та складських площах;
- наявність шляхів, які створюють можливість поширення полум'я і продуктів згорання на обладнання та приміщення, що розташовані поблизу;
- поява у результаті пожежі факторів, які пришвидшують її розвиток (розтікання горючих рідин під час аварії, вихід горючих газів, вибух технологічного обладнання тощо);
- запізніле виявлення пожежі та сповіщення про неї;
- відсутність або несправність первинних і стаціонарних засобів пожежогасіння;
- помилкові дії людей на випадок пожежі.

Наприклад, сприятливі умови для швидкого поширення вогню на великі площі створюються при аваріях апаратів і трубопроводів з аміаком та горючими маслами, що виходять з обладнання під тиском з великою швидкістю і розливаються на значній площі.

Вогонь може поширитися по дзеркалу розлитого масла в разі його підтікання із трубопроводів, маслозбірників, масловідділювачів, а також по поверхні розлитого аміаку, що швидко випаровується, далі поширення вогню відбувається по парогазовій хмарі. У разі вибуху вибухонебезпечних сумішей

пожежа швидко може поширюватися на значні відстані по уламках, що розлітаються в результаті вибуху.

У цьому розділі необхідно проаналізувати та описати можливі умови та шляхи поширення пожежі в аміачно-компресорному цеху в разі її виникнення.

2.6 Визначення критичного часу розвитку пожежі для перебування людей у приміщенні.

Найсуттєвішими факторами створення загрози для життя та здоров'я людини, яка перебуває в зоні пожежі, є такі:

- токсичні продукти горіння;
- вогонь та променисті потоки;
- підвищена температура середовища;
- дим;
- недостатність (знижена концентрація) кисню;
- вибухи, та викиди небезпечних речовин.

Особливо небезпечними є пожежі в приміщеннях, будівлях, спорудах, тобто в обгородженні.

З розвитком пожежі в обгородженні настає момент, коли все приміщення буде в зоні задимлення або теплового впливу, отже, перебування людей стає неможливим.

Такий час називають критичним часом розвитку пожежі.

Критичний час розвитку пожежі для перебування людей у приміщенні визначається досягненням критичної температури (70 °C) та зниженням концентрації кисню в повітрі приміщення до критичного значення.

Відомо, що за зниження концентрації кисню в повітрі до 17 % відбувається втрата свідомості, за зниження концентрації нижче ніж 14–15 % в організмі людини настають незворотні зміни і може настати смерть, тому важливою є необхідність розрахунку критичного часу пожежі для розв'язання задачі забезпечення евакуації людей у разі виникнення пожежі чи подачі перших стволів на її гасіння.

Враховуючи те, що в разі вибуху вибухонебезпечних сумішей пожежа швидко може поширюватися на значні відстані по уламках, що розлітаються в результаті вибуху, необхідно визначити критичний час розвитку пожежі для перебування людей у суміжному приміщенні за температурою та киснем залежно від різновиду розвитку пожежі. Під час проведення розрахунків приймаємо, що в приміщенні сталося загоряння твердих горючих матеріалів.

Для визначення критичного часу розвитку пожежі перебування людей у приміщенні за температурою необхідно:

- розрахувати об'єм приміщення, де сталася пожежа;
- визначити осередок виникнення пожежі;
- визначити форму розвитку пожежі;
- обрати відповідну розрахункову формулу для визначення критичного часу розвитку пожежі за температурою (2.8, 2.10, 2.12) та за киснем ((2.9, 2.11, 2.13) залежно від форми розвитку пожежі;
- визначити критичний час розвитку пожежі перебування людей у приміщенні за температурою та за киснем.

Під час розрахунків потрібно звернути увагу на особливість цього завдання, яке полягає в тому, що перед розрахунками необхідно встановити різновид розвитку пожежі і залежно від цього обрати формулу, за якою здійснюється розрахунок.

Під час горіння твердих горючих матеріалів пожежа з часом поширюється, а площа пожежі зростає. Таким чином, при горінні твердих горючих матеріалів критичний час розвитку пожежі залежить від місця виникнення пожежі, а отже, і від різновиду розвитку пожежі.

Вибір розрахункової формули для визначення критичного часу розвитку пожежі за температурою та за киснем залежно від різновиду розвитку пожежі проводять так:

– якщо форма розвитку пожежі кругова (осередок пожежі в центрі приміщення), критичний час розвитку пожежі за температурою та вмістом кисню можна виразити такими формулами:

$$\tau_{кр}^t = 4,53 \sqrt{\frac{V_{прим}}{\eta \cdot Q_{н'} \cdot v_m \cdot (v_1^0)^2}}, \text{хв}, \quad (2.8)$$

$$\tau_{кр}^{o_2} = 0,753 \sqrt{\frac{V_{прим}}{\eta \cdot v_{п}^0 \cdot v_m \cdot (v_1^0)^2}}, \text{хв}; \quad (2.9)$$

– якщо форма розвитку пожежі півколо (осередок пожежі біля стіни):

$$\tau_{кр}^t = 5,653 \sqrt{\frac{V_{прим}}{\eta \cdot Q_{н'} \cdot v_m \cdot (v_1^0)^2}}, \text{хв}, \quad (2.10)$$

$$\tau_{кр}^{o_2} = 0,943 \sqrt{\frac{V_{прим}}{\eta \cdot v_{п}^0 \cdot v_m \cdot (v_1^0)^2}}, \text{хв}; \quad (2.11)$$

– якщо форма розвитку пожежі – чверть кола (осередок пожежі у кутку приміщення):

$$\tau_{кр}^t = 7,123 \sqrt{\frac{V_{прим}}{\eta \cdot Q_{н'} \cdot v_m \cdot (v_1^0)^2}}, \text{хв}, \quad (2.12)$$

$$\tau_{кр}^{o_2} = 1,193 \sqrt{\frac{V_{прим}}{\eta \cdot v_{п}^0 \cdot v_m \cdot (v_1^0)^2}}, \text{хв}, \quad (2.13)$$

де V_m – масова швидкість вигорання горючої речовини, $\text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{хв}^{-1}$;

η – коефіцієнт повноти згорання;

$V_{прим}$ – повний об'єм приміщення, м^3 ;

$Q_{н'}$ – масова теплота згорання, кДж/кг ;

$\tau_{кр}$ – критичний час розвитку пожежі, хв ;

v_1^0 – лінійна швидкість поширення полум'я, м/хв ;

$v_{п}^0$ – витрата повітря до повного згорання, $\text{м}^3/\text{кг}$.

Приклад розрахункового визначення критичного часу розвитку пожежі для перебування людей у приміщенні за температурою та киснем залежно від різновиду розвитку пожежі наведено в розділі 4.2.

Розділ 3 Розроблення заходів щодо забезпечення пожежної безпеки об'єкта

Виконаний аналіз пожежної небезпеки об'єкта дозволяє не тільки встановити рівень пожежної небезпеки об'єкта, але й визначити та запровадити необхідні заходи пожежної безпеки.

Рекомендується у роботі розробляти заходи пожежної безпеки за такими напрямками:

- заходи щодо запобігання утворенню горючого середовища;
- заходи щодо запобігання появі в горючому середовищі джерела запалювання;
- заходи щодо попередження поширення пожежі в разі її виникнення.

Заходи пожежної безпеки можуть мати як організаційний, так і інженерно-технічний характер і повинні ґрунтуватися на отриманих висновках під час аналізу пожежної небезпеки, який здобувач отримав у результаті виконання підрозділів 2.2–2.5.

Обов'язковою умовою під час розроблення заходів пожежної безпеки є посилання на пункти відповідного нормативного документа (наприклад, «Контроль герметичності обладнання – п. 7.10 Наказу МВС України за № 1417 «Про затвердження правил пожежної безпеки в Україні»).

3 ЗАВДАННЯ ДО РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ

Кожний здобувач вищої освіти виконує роботу за своїм варіантом, номер якого визначається за останньою цифрою залікової книжки. У таблиці до завдання по горизонталі визначається номер, який співпадає з останньою

цифрою залікової книжки здобувача (табл. Б.1 дод. Б). Цей номер і є варіантом до завдання розрахунково-графічної роботи.

Нижче наведені завдання до виконання роботи «**Забезпечення пожежної безпеки аміачно-компресорного цеху виробництва**».

Завдання 1.

Виконати аналіз пожежної небезпеки аміачно-компресорного цеху виробництва та розробити заходи пожежної безпеки:

– визначити пожежовибухонебезпечні властивості речовин і матеріалів, що використовуються в цьому цеху (горючу речовину обирають самостійно під час аналізу літературних джерел, виходячи з призначення об'єкта, основного технологічного обладнання, особливостей його експлуатації, аварійності тощо);

– визначити можливість утворення горючого середовища;

– розрахувати максимальний тиск вибуху газоповітряної суміші у приміщенні цеху та визначити категорію цього приміщення за вибухопожежною та пожежною небезпекою (вихідні дані для розрахунку наведені в табл. Б.1 дод. Б);

– встановити можливі джерела запалювання;

– визначити умови та шляхи поширення пожежі в разі її виникнення;

– визначити критичний час розвитку пожежі для перебування людей за температурою та киснем у суміжному складському приміщенні цеху, де відбулося загорання твердих горючих матеріалів – поліпропілену. Масова теплота згорання поліпропілену становить 45 600 кДж/кг; коефіцієнт повноти згорання – 0,85; масова швидкість вигорання горючої речовини – 0,87 кг·м²·хв⁻¹; лінійна швидкість поширення полум'я – 0,6 м/хв; витрата повітря для повного згорання – 11,42 м³/кг. Розміри приміщення та місце виникнення пожежі (осередок пожежі) наведено в таблиці Б.1 додатка Б;

– за результатами аналізу розробити заходи пожежної безпеки.

4 ПРИКЛАДИ ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКІВ

4.1 Визначення категорії приміщення за вибухопожежною та пожежною небезпекою

Визначити категорію приміщення компресорного цеху АТ «Полтавахолод» за вибухопожежною та пожежною небезпекою.

Базовим для визначення обрано найгірший варіант аварії технологічного обладнання – розгерметизація ресивера з аміаком із наступним вибухом аміачно-повітряної суміші в об'ємі виробничого приміщення.

Вихідні дані для розрахунків:

- речовина – аміак;
- об'єм аміаку в ресивері – 40 м³;
- робоча температура – 40 °С;
- розміри приміщення – 26 м³ × 9 м³ × 6 м³;

Розрахунок.

Визначення проводимо згідно з вимогами ДСТУ Б.В.1.1–36:2016. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою:

1. Розраховуємо густину газу за робочою температурою формулою 4.1.

$$\rho_{\text{гг}} = \frac{M}{V_0 \cdot (1 + 0,00367t_p)} = \frac{17}{22,41 \cdot (1 + 0,00367 \cdot 40)} = 0,76 \text{ кг/м}^3, \quad (4.1)$$

де M – молярна маса аміаку, дорівнює 17 кг/кмоль⁻¹;

V_0 – мольний об'єм, що дорівнює 22,413 м³/кмоль;

t_p – розрахункова температура, °С.

2. Розраховуємо масу аміаку в об'ємі ресивера:

$$m_{\text{бл}} = V_a \cdot \rho_{\text{гг}} = 40 \cdot 0,76 = 30,4 \text{ кг}. \quad (4.2)$$

де V_a – об'єм газу в апараті, м³.

3. Визначаємо вільний об'єм приміщення. Приймається 80 % від загального об'єму згідно з вимогами [2]:

$$V_B = \frac{K_B}{100} \cdot l \cdot b \cdot h = \frac{80}{100} \cdot 26 \cdot 9 \cdot 6 = 1123 \text{ м}^3. \quad (4.3)$$

4. Знаходимо коефіцієнт кисню в реакції горіння аміаку (NH_3):

$$\beta = n_c + \frac{n_H - n_x}{4} - \frac{n_o}{2} = 0 + \frac{3 - 0}{4} = 0,75. \quad (4.4)$$

де n_c , n_H , n_o , n_x – число атомів С, Н, О та галогенів у молекулі горючого газу.

5. Визначаємо стехіометричну концентрацію горючої речовини:

$$c_{ст.} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot \beta} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot 0,75} = 21,5 \text{ \% об.} \quad (4.5)$$

6. Розраховуємо надлишковий тиск вибуху газоповітряної суміші:

$$\begin{aligned} \Delta P &= (P_m - P_0) \frac{m \cdot z}{V_B \cdot \rho_{г.п.}} \cdot \frac{100}{c_{ст.}} \cdot \frac{1}{K_H} = (600 - 101) \frac{30,4 \cdot 0,5}{1123 \cdot 0,68} \cdot \frac{100}{21,5} \cdot \frac{1}{3} = \\ &= 15,5 \text{ кПа} \end{aligned}, \quad (4.6)$$

де $z = 0,5$ – коефіцієнт участі горючого газу у вибуху (табл. 2.1) [2]);

$P_m = 600$ кПа – максимальний тиск вибуху (довідкові дані);

$K_H = 3$ – коефіцієнт негерметичності обладнання.

Висновок. У технологічному процесі використовується горючий газ аміак, і при аварії в результаті його вибуху в приміщенні буде розвиватися надлишковий тиск вибуху 15,5 кПа, що перевищує 5 кПа. Тому приміщення компресорного цеху АТ «Полтавахолод» належить до категорії «А» за вибухопожежною та пожежною безпекою.

4.2 Визначення критичного часу розвитку пожежі для перебування людей у приміщенні

У центрі виробничого приміщення з розмірами 10 м × 12 м × 3,5 м сталося загоряння поліпропілену.

Визначити критичний час розвитку пожежі за температурою та киснем, якщо масова теплота згорання поліпропілену становить 45 600 кДж/кг;

коефіцієнт повноти згорання – 0,85; масова швидкість вигорання горючої речовини – 0,87 кг·м²хв⁻¹; лінійна швидкість поширення полум'я – 0,6 м/хв; витрата повітря для повного згорання – 11,42 м³/кг.

Розрахунок:

1. Розраховуємо об'єм приміщення, де сталася пожежа:

$$V_{\text{ПРИМ}} = 10 \cdot 12 \cdot 3,5 = 420 \text{ м}^3.$$

2. Визначаємо форму розвитку пожежі. Оскільки пожежа сталася в центрі виробничого приміщення, пожежа має кругову форму.

3. Визначаємо розрахункові формули для визначення критичного часу розвитку пожежі за температурою та киснем залежно від форми розвитку пожежі (2.8 – 2.13).

4. Розраховуємо критичний час розвитку пожежі за температурою залежно від форми розвитку пожежі за формулою (2.8):

$$\tau_{\text{кр}}^t = 4,53 \sqrt{\frac{V_{\text{прим}}}{\eta \cdot Q_{\text{н}}' \cdot v_{\text{м}} \cdot (v_1^0)^2}}, \text{ хв.},$$

$$\tau_{\text{кр}}^t = 4,53 \sqrt{\frac{420}{0,85 \cdot 45600 \cdot 0,87 \cdot 0,6^2}} = 1,49 \text{ хв.}$$

5. Розраховуємо критичний час розвитку пожежі за киснем залежно від форми розвитку пожежі за формулою (2.9):

$$\tau_{\text{кр}}^{\text{O}_2} = 0,753 \sqrt{\frac{V_{\text{прим}}}{\eta \cdot v_{\text{п}}^0 \cdot v_{\text{м}} \cdot (v_1^0)^2}}, \text{ хв.},$$

$$\tau_{\text{кр}}^{\text{O}_2} = 0,753 \sqrt{\frac{420}{0,85 \cdot 11,42 \cdot 0,87 \cdot (0,6)^2}} = 3,8 \text{ хв.}$$

Висновок. Таким чином, при горінні поліпропілену у виробничому приміщенні критичне значення температури (70 °С) настане через 1,5 хв, а критичний вміст кисню (15 %) – через 3,8 хв. Отже, при виникненні пожежі за цей час необхідно забезпечити евакуацію людей із такого приміщення.

5 КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ ЗДОБУВАЧІВ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ

Відповідно до робочої навчальної програми підготовки здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня вищої освіти зі спеціальності 263 – Цивільна безпека, освітні програми «Охорона праці», «Аудит та консалтингова діяльність в охороні праці» загальний бал за виконання розрахунково-графічної роботи становить 5 балів.

Максимальну кількість балів отримує здобувач, який самостійно та правильно, у повному обсязі виконав роботу з дотриманням всіх вимог згідно з методичними рекомендаціями. Робота містить чітко поставлене завдання, відповідає варіанту, розрахунки виконані правильно, із поясненнями до формул, вказані одиниці вимірювання, наявні посилання на літературні джерела, формули, таблиці, рисунки мають нумерацію згідно з вимогами, наведено список використаних літературних джерел. Розроблені заходи пожежної безпеки відповідають чинним нормативним вимогам. Робота має висновки. Прослідковується вміння застосовувати теоретичні положення під час розв'язання практичних завдань.

Розподіл балів за розділами роботи наведений у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1– Розподіл балів під час оцінювання розрахунково-графічної роботи

Види завдань	Розподіл балів
Оцінка пожежної небезпеки аміачно-компресорного цеху	2
Розробка та обґрунтування заходів пожежної безпеки	3
Всього	5

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСТУ 8828:2019. Пожежна безпека. Загальні положення. – Чинний від 2020–01–01. – Київ : Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості, 2019. – 87 с.

2. ДСТУ Б В.1.1–36:2016. Визначення категорій приміщень, будинків, установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. – Чинний від 2017–01–01. – Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2016. – 34 с.

3. ДСТУ 8829:2019. Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація. – Чинний від 2020–01–01. – Київ : Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості, 2019. – 78 с.

4. Правила пожежної безпеки в Україні : затв. МВС України 30.12.2014 : чинний з 05.03.2015. – Київ : Форт, 2015. – 57 с.

5. Михайлюк О. П. Теоретичні основи пожежної профілактики технологічних процесів та апаратів : підручник / О. П. Михайлюк, В. В. Олійник, Г. О. Мозговий. – Харків : ХНАДУ, 2014. – 380 с.

6. Михайлюк О. П. Теоретичні основи пожежної профілактики технологічних процесів та апаратів : практикум / О. П. Михайлюк, В. В. Олійник, В. М. Сирих. – Харків : НУЦЗУ, ФОП Панов А. М., 2016. – 198 с.

ДОДАТОК А
Зразок оформлення титульного аркуша роботи

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА
імені О.М. БЕКЕТОВА

Навчально-науковий інститут будівельної та цивільної інженерії

Кафедра охорони праці та безпеки життєдіяльності

РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНА РОБОТА
«Забезпечення пожежної безпеки аміачно-компресорного цеху
виробництва»

з дисципліни
«Основи пожежної безпеки»

Здобувача вищої освіти _____ курсу

_____ групи

За спеціальністю _____

(прізвище та ініціали)

Керівник _____

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Харків – 2025 рік

ДОДАТОК Б

Таблиця Б. 1 – Варіанти до завдання розрахунково-графічної роботи

Остання цифра залікової книжки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Розміри аміачно-компресорного цеху, м	24 × 9 × 6	19 × 10 × 6	24 × 9 × 5	25 × 9 × 5	21 × 8 × 6	20 × 8 × 4	19 × 9 × 5	22 × 9 × 5	18 × 8 × 6	23 × 9 × 5
Об'єм газу в апараті, м ³	44	35	37	43	36	37	39	40	38	41
Робоча температура газу, °С	32	35	40	34	38	35	36	31	37	33
Розміри суміжного приміщення, де сталося загорання твердих горючих матеріалів, м	10 × 11 × 3,5	9 × 8 × 2,8	11 × 9 × 3	12 × 7 × 3	10 × 10 × 2,8	12 × 9 × 3	10 × 9 × 2,5	11 × 10 × 4	9 × 8 × 3	12 × 8 × 3,2
Місце виникнення пожежі (осередок пожежі у приміщенні)	Біля стіни	У кутку	У центрі	Біля стіни	У кутку	У центрі	Біля стіни	У кутку	У центрі	Біля стіни

Таблиця Б 2 – Показники пожежної небезпеки деяких горючих речовин

Речовина	Хімічна формула	Молярна маса, кг/кмоль	Температура спалаху, °С	Температура самоспалахування, °С	Константи рівняння Антуана			Нижня концентраційна межа поширення полум'я, %(об.)	Теплота згорання, кДж/кг
					A	B	Ca		
Амілацетат	$C_7H_{14}O_2$	130,196	+43	+290	6,293 50	1 579,510	221,365	1,08	29 879
Амілен	C_5H_{10}	70,134	<-18	+273	5,910 48	1 014,294	229,783	1,49	45 017
н-Аміловий спирт	$C_5H_{12}O$	88,149	+48	+300	6,307 3	1 287,625	161,330	1,46	38 385
Аміак	NH_3	17,03	–	+650	–	–	–	15,0	18 585
Анілін	C_6H_7N	93,128	+73	+617	6,046 22	1 457,02	176,195	1,3	32 386
Ацетальдегід	C_2H_4O	44,053	-40	+172	6,316 53	1 093,537	233,413	4,12	27 071
Ацетилен	C_2H_2	26,038	–	+335	–	–	–	2,5	49 965
Ацетон	C_3H_6O	58,08	-18	+535	6,375 51	1 281,721	237,086	2,7	31 360
Бензиловий спирт	C_7H_8O	108,15	+90	+415	–	–	–	1,3	–
Бензол	C_6H_6	78,113	-11	+560	5,613 91	902,275	178,099	1,43	40 576
1,3-Бутадієн	C_4H_6	54,091	–	+430	–	–	–	2,0	44 573
н-Бутан	C_4H_{10}	58,123	-69	+405	6,005 25	968,098	242,555	1,8	45 713
1-Бутен	C_4H_8	56,107	–	+384	–	–	–	1,6	45 317
н-Бутилацетат	$C_6H_{12}O_2$	116,16	+29	+330	6,252 05	1 430,418	210,745	1,35	28 280
н-Бутиловий спирт	$C_4H_{10}O$	74,122	+35	+340	8,722 32	2 664,684	279,638	1,8	36 805
Вінілхлорид	C_2H_3Cl	62,499	–	+470	6,016 1	905,008	239,475	3,6	18 496
Водень	H_2	2,016	–	+510	–	–	–	4,12	119 841
н-Гексадекан	$C_{16}H_{34}$	226,44	+128	+207	5,912 42	1 656,405	136,869	0,47	44 312
н-Гексан	C_6H_{14}	86,177	-23	+233	5,995 17	1 166,274	223,661	1,24	45 105
н-Гексиловий спирт	$C_6H_{14}O$	102,17	+60	+285	6,178 94	1 293,831	152,631	1,2	39 587
Гептан	C_7H_{16}	100,203	-4	+223	6,076 47	1 295,405	219,819	1,07	44 919
Гідразин	N_2H_4	32,045	+38	+132	7,998 05	2 266,447	266,316	4,7	14 644

Продовження таблиці Б.2

Гліцерин	C ₂ H ₈ O ₃	92,1	+198	+400	8,177 393	3 074,220	214,712	2,6	16 102
Декан	C ₁₀ H ₂₂	142,28	+47	+230	6,520 23	1 809,975	227,700	0,7	44 602
Дивініловий ефір	C ₄ H ₆ O	70,1	-30	+360	–	–	–	1,7	32 610
N, N-Диметилформамід	C ₃ H ₇ ON	73,1	+53	+440	6,159 39	1 482,985	204,342	2,35	–
1,4-Діоксан	C ₄ H ₈ O ₂	88,1	+11	+375	6 640 91	1 632,425	250,725	2,0	–
1,2-Дихлоретан	C ₂ H ₄ Cl ₂	98,96	+9	+413	6,786 15	1 640,179	259,715	6,2	10 873
Диетиламін	C ₄ H ₁₁ N	73,14	-14	+310	6,347 94	1 267,557	236,329	1,78	34 876
Диетиловий ефір	C ₄ H ₁₀ O	74,12	-41	+180	6,122 70	1 098,945	232,372	1,7	34 147
н-Додекан	C ₁₂ H ₂₆	170,337	+77	+202	7,295 74	2 463,739	253,884	0,63	44 470
Ізобутан	C ₄ H ₁₀	58,123	-76	+462	5,953 18	916,054	243,783	1,81	45 578
Ізобутилен	C ₄ H ₈	56,11	–	+465	–	–	–	1,78	45 928
Ізобутиловий спирт	C ₄ H ₁₀ O	74,12	+28	+390	7,830 05	2 058,392	245,642	1,8	36 743
Ізопентан	C ₅ H ₁₂	72,15	-52	+432	5,917 99	1 022,551	233,493	1,36	45 239
Ізопропілбензол	C ₉ H ₁₂	120,20	+37	+424	6,06756	1 461,643	207,56	0,88	46 663
Ізопропіловий спирт	C ₃ H ₈	60,09	+14	+430	7,510 55	1 733,00	232,380	2,23	34 139
м-Ксилол	C ₈ H ₁₀	106,17	+28	+530	6,133 29	1 461,925	215,073	1,1	52 829
о-Ксилол	C ₈ H ₁₀	106,17	+31	+460	6,288 93	1 575,114	223,579	1,0	41 217
п-Ксилол	C ₈ H ₁₀	106,17	+26	+528	6,254 85	1 537,082	223,608	1,1	41 207
Метан	CH ₄	16,04	–	+537	5,689 23	380,224	264,804	5,28	50 000
Метиловий спирт	CH ₄ O	32,04	+6	+440	7,352 7	1 660,454	245,818	6,98	23 839
Метилпропілкетон	C ₅ H ₁₀ O	86,133	+6	+452	6,989 13	1 870,4	273,2	1,49	33 879
Метилетилкетон	C ₄ H ₈ O	72,107	-6	+514	7,024 53	1 292,791	232,340	1,90	–
Нафталін	C ₁₀ H ₈	128,06	+80	+520	9,679 44	3 123,337	243,569	0,9	39 435
н-Нонан	C ₉ H ₂₀	128,257	+31	+205	6,177 76	1 510,695	211,502	0,78	44 684
Оксид вуглецю	CO	28,01	–	+605	–	–	–	12,5	10 104
Оксид етилену	C ₂ H ₄ O	44,05	-18	+430	–	–	–	3,2	27 696
Н-Октан	C ₈ H ₁₈	114,230	+14	+215	6,093 96	1 379,556	211,896	0,9	44 787
Н-Пентадекан	C ₁₅ H ₃₂	212,42	+115	+203	6,067 3	1 739,084	157,545	0,5	44 342

Закінчення таблиці Б.2

γ-Піколін	C ₆ H ₇ N	93,128	+39	+578	6,443 82	1 632,315	244,787	1,4	36 702
Піридин	C ₅ H ₅ N	79,10	+20	+530	5,916 84	1 217,730	196,342	1,8	35 676
Пропан	C ₃ H ₈	44,096	-96	+470	5,955 47	813,864	248,116	2,3	46 353
Пропилен	C ₃ H ₆	42,080	–	+455	5,948 52	786,532	247,243	2,4	45 604
н-Пропиловий спирт	C ₃ H ₈ O	60,09	+23	+371	7,442 01	1 751,981	225,125	2,3	34 405
Сірководень	H ₂ S	34,076	–	+246	–	–	–	4,3	–
Сірковуглець	CS ₂	76,14	-43	+102	6,125 37	1 202,471	245,616	1,0	14 020
Стирол	C ₈ H ₈	104,14	+30	+490	7,065 42	2 113,057	272,986	1,1	43 888
Тетрагідрофуран	C ₄ H ₈ O	72,1	-20	+250	6,120 08	1 202,29	226,254	1,8	34 730
н-Тетрадекан	C ₁₄ H ₃₀	198,39	+103	+201	6,400 07	1 950,497	190,513	0,5	44 377
Толуол	C ₇ H ₈	92,140	+7	+535	6,050 7	1 328,171	217,713	1,27	40 936
н-Тридекан	C ₁₃ H ₂₈	184,36	+90	+204	7,093 88	2 468,910	250,310	0,58	44 424
2,2,4-Триметилпентан	C ₈ H ₁₈	114,230	-4	+411	5,936 82	1 257,84	220,735	1,0	44 647
Оцтова кислота	C ₂ H ₄ O ₂	60,05	+54	+465	7,103 37	1906,53	255,973	4,0	13 097
н-Ундекан	C ₁₁ H ₂₄	156,31	+62	+205	6,805 01	2 102,959	242,574	0,6	44 527
Формальдегід	CH ₂ O	30,03	–	+430	5,40973	607,399	197,626	7,0	19 007
Фталевий ангідрид	C ₈ H ₄ O ₃	148,1	+153	+580	7,124 39	2 879,067	277,501	1,7	–
Хлорбензол	C ₆ H ₅ Cl	112,56	+29	+637	6,386 05	1 607,316	235,351	1,4	27 315
Хлоретан	C ₂ H ₅ Cl	64,51	-50	+510	6,111 40	1 030,007	238,612	3,8	19 392
Циклогексан	C ₆ H ₁₂	84,16	-17	+259	5,969 91	1 203,526	222,863	1,3	43 833
Етан	C ₂ H ₆	30,069	–	+515	–	–	–	2,9	52 413
Етилацетат	C ₄ H ₈ O ₂	88,10	-3	+446	6,226 72	1 244,951	217,881	2,0	23 587
Етилбензол	C ₈ H ₁₀	106,16	+20	+431	6,358 79	1 590,660	229,581	1,0	41 323
Етилен	C ₂ H ₄	28,05	–	+435	–	–	–	2,7	46 988
Етиленгліколь	C ₂ H ₆ O ₂	62,068	+111	+412	8,137 54	2 753,183	252,009	4,29	19 329
Етиловий спирт	C ₂ H ₆ O	46,07	+13	+400	7,811 58	1 918,508	252,125	3,6	30 562
Етилцелозоль	C ₄ H ₁₀ O ₂	90,1	+40	+235	7,866 26	2 392,56	273,15	1,8	26 382

Електронне навчальне видання

Методичні рекомендації
до організації та виконання розрахунково-графічної роботи
з навчальної дисципліни

«ОСНОВИ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ»

*(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти всіх форм
навчання зі спеціальності 263 – Цивільна безпека)*

Укладач **МИХАЙЛЮК** Андрій Олександрович

Відповідальний за випуск *А. О. Михайлюк*

Редактор *О. А. Норик*

Комп'ютерне верстання *А.О. Михайлюк*

План 2025, поз. 128М

Підп. до друку 12.03.2025. Формат 60 × 84/16.

Ум. друк. арк. 1,9.

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет

Міського господарства імені О. М. Бекетова,

вул. Чорноглазівська (Маршала Бажанова), 17, Харків, 61002.

Електронна адреса: office@kname.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 5328 від 11.04.2017