

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІМ. Ю.М. ПОТЕБНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Є.А. Манідіна
В.В. Грідяєв

ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА

Конспект лекцій
для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра
спеціальності 263 «Цивільна безпека»
освітньо-професійної програми «Охорона праці»

Затверджено
вченою радою ЗНУ
Протокол № від .03.2024

Запоріжжя
2024

УДК 614.84
М 234

Манідіна Є.А., Грідяєв В.В. Пожежна безпека : конспект лекцій для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності 263 «Цивільна безпека» освітньо-професійної програми «Охорона праці». Запоріжжя : Запорізький національний університет, 2024. 311 с.

Конспект лекцій підготовлено відповідно до робочої програми навчальної дисципліни «Пожежна безпека».

Подано зміст лекційних занять, ключові терміни та поняття з кожної теми, питання для самоконтролю.

Викладений у конспекті лекцій матеріал забезпечує розкриття спеціальних компетентностей та програмних результатів навчання обумовлених освітньо-професійною програмою «Охорона праці» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 263 Цивільна безпека.

Рецензенти:

В.М. Фустій, директор ПП «НВФ промбезпека»

А.Ю. Немченко, начальник служби охорони праці Головного управління ДСНС України у Запорізькій області

Відповідальний за випуск

Ю.О. Белоконь, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри металургійних технологій, екології та техногенної безпеки

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
ЗМІСТ ЛЕКЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ	5
ТЕМА 1. ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ	5
ТЕМА 2. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ГОРІННЯ. ПОЖЕЖОВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНІ ВЛАСТИВОСТІ РЕЧОВИН І МАТЕРІАЛІВ	16
ТЕМА 3. МЕТОДИКА АНАЛІЗУ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ	38
ТЕМА 4. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ	61
ТЕМА 5. ПРОТИПОЖЕЖНИЙ ТА ПРОТИВИБУХОВИЙ ЗАХИСТ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД	68
ТЕМА 6. ОРГАНІЗАЦІЯ ЕВАКУАЦІЇ ЛЮДЕЙ У РАЗІ ПОЖЕЖІ.....	94
ТЕМА 7. ПОПЕРЕДЖЕННЯ ПОЖЕЖ ПРИ УЛАШТУВАННІ (ЕКСПЛУАТАЦІЇ) ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК.....	115
ТЕМА 8. ВОГНЕГАСНІ РЕЧОВИНИ ТА ПЕРВИННІ ЗАСОБИ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ	130
ТЕМА 9. СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО ПОЖЕЖОГАСІННЯ.....	148
ТЕМА 10. ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ПРИ МЕХАНІЧНІЙ ОБРОБЦІ МАТЕРІАЛІВ	159
ТЕМА 11. ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ПРОЦЕСІВ ЗБЕРІГАННЯ ГОРЮЧИХ РЕЧОВИН І МАТЕРІАЛІВ	166
ТЕМА 12. ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ПРИ ПЕРЕМІЩЕННІ (ТРАНСПОРТУВАННІ) ГОРЮЧИХ РЕЧОВИН І МАТЕРІАЛІВ	192
ТЕМА 13. ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ПРИ НАГРІВАННІ ГОРЮЧИХ РЕЧОВИН.....	207
ТЕМА 14. ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА РЕКТИФІКАЦІЙНИХ УСТАНОВОК	218
ТЕМА 15. ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ХІМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ	224
ТЕМА 16. ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА МЕТАЛУРГІЙНОГО ВИРОБНИЦТВА.....	236
ТЕМА 17. ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ТЕС. ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА АЕС	249
ТЕМА 18. ОЦІНКА СТАНУ ТЕХНОГЕННОЇ НЕБЕЗПЕКИ НАФТОПЕРЕРОБНИХ ЗАВОДІВ	270
ТЕМА 19. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ ВОГНЕВИХ РОБІТ	284
ТЕМА 20. ПОЖЕЖОВИБУХОБЕЗПЕКА ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ ВИБУХОВИХ РОБІТ	292
ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА	304
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА	309
ДОДАТОК. Основні графічні умовні позначення, що використовуються на схемах евакуації	311

ВСТУП

Пожежна безпека – стан об'єкта, при якому з регламентованою ймовірністю відкидається можливість виникнення та розвиток пожежі, і впливу на людей її небезпечних факторів, а також забезпечується захист матеріальних цінностей.

Забезпечення пожежної безпеки є невід'ємною частиною діяльності держави щодо захисту життя і здоров'я її населення, національного багатства та довкілля країни.

Пожежна безпека як наука – це галузь науки і техніки, що комплексно займається виявленням і вивченням процесів, закономірностей, чинників виникнення пожеж та їх попередження, динаміки пожеж у конкретних умовах, небезпечних факторів пожеж, розробленням методів і засобів протипожежного захисту для зниження пожежної небезпеки, методів гасіння й ліквідації пожеж.

Метою вивчення навчальної дисципліни «Пожежна безпека» є засвоєння системи професійних знань з пожежної безпеки і вибухозахисту, принципів дотримання безпечного ведення технологічних процесів і експлуатації виробничого обладнання, а також вироблення умінь щодо застосування цих знань на практиці.

Основними завданнями вивчення дисципліни «Пожежна безпека» є:

- ознайомитися з законодавчою та нормативною базою у сфері пожежної безпеки;
- ознайомитися з небезпечними та шкідливими факторами, що пов'язані з пожежами;
- набути навички оцінювання за технологічним регламентом та технологічною схемою пожежовибухонебезпеку апарата, процесу, а також рівня їхнього протипожежного захисту;
- засвоїти методики розробки пожежо-профілактичних заходів на підприємствах та установах;
- ознайомитися з системами та засобами протипожежного захисту, їх утриманням і експлуатації на підприємствах.

Навчальна дисципліна «Пожежна безпека» продовжує інженерну підготовку студента і базується на знаннях, отриманих при вивченні дисциплін «Фізика», «Основи хімічної безпеки», «Інженерна графіка» та служить підґрунтям для вивчення дисциплін «Основи охорони праці та безпека життєдіяльності», «Електробезпека».

Даний конспект лекцій повністю відповідає робочій програмі дисципліни «Пожежна безпека», циклу професійної підготовки спеціальності з переліку обов'язкових компонент освітньо-професійної програми «Охорона праці». Викладений матеріал у конспекті лекцій є теоретичною базою для розв'язання практичних завдань та виконання курсового проєкту з дисципліни «Пожежна безпека».

ЗМІСТ ЛЕКЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ

ТЕМА 1. ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ

Мета вивчення теми

Розглянути стан пожежної безпеки на підприємствах України, оцінити вплив воєнних дій на пожежну безпеку на території країни, ознайомитися з законодавчою та нормативною базою забезпечення пожежної безпеки, засвоїти основні поняття та визначення.

План

1. Проблема дотримання пожежної безпеки на підприємствах України, вплив воєнних дій.
2. Законодавча та нормативна база забезпечення пожежної безпеки. Відповідальність за порушення вимог законодавства з питань пожежної безпеки.

Основні терміни

Пожежа, підпал, вибух, причина пожежі, пожежна безпека об'єкта, пожежна небезпека об'єкта, споруда, будівля, правова основа діяльності в галузі пожежної безпеки, нормативно-правові акти

1 Проблема дотримання пожежної безпеки на підприємствах України, вплив воєнних дій

Щорічно на планеті виникає приблизно 7 мільйонів пожеж.

Пожежа – позарегламентний процес знищення або пошкодження вогнем майна, під час якого виникають чинники, небезпечні для живих істот і довкілля.

У 2020-2022 р.р. в Україні згоріла більша площа землі, ніж у всіх країнах ЄС, головним чином через великі пожежі у 2020 році та російське вторгнення у 2022-му. Повномасштабне вторгнення росії на територію України призвело до сплеску ландшафтних пожеж, спричинених вибухами боєприпасів за відносно сухої погоди.

Вибух – швидкоплинний фізичний або фізико-хімічний процес, що відбувається із значним виділенням енергії у обмеженому об'ємі за короткий проміжок часу.

За даними Сергія Зібцева, директора Регіонального Східноєвропейського центру моніторингу пожеж, до середини осені 2022 року такі пожежі охопили близько 2,4 млн гектарів, включно з 330 тис. га лісового фонду. Зокрема, згоріли тисячі гектарів лісу в національних природних парках «Кремінські ліси», «Святі гори», «Білобережжя Святослава», Чорнобильському біосферному заповіднику [1]. Лісові пожежі призводять до забруднення довкілля та спричиняють викиди парникових газів. Зокрема, за 214 днів війни на тимчасово окупованих територіях

та в зонах бойових дій лісові пожежі охоплювали площу 49,6 тис. га, спричинивши викиди CO₂ обсягом 14 336 тис. т [2].

За даними Інституту державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту, підрозділами територіальних органів ДСНС упродовж 3 місяців 2023 року в Україні зареєстровано 14 171 пожежу. У табл. 1.1 наведено статистичні показники стану з пожежами в Україні за 3 місяці 2023 року порівняно з аналогічним періодом 2022 року [3].

Таблиця 1.1 – Статистичні показники стану з пожежами в Україні за 3 місяці 2023 року порівняно з аналогічним періодом 2022 року*

№ з/п	Назва показників	2022 рік	2022 рік	Тенденція по країні, +/-, у %	% від загальної
1	2	3	4	5	6
Загальні дані про пожежі					
1	Кількість пожеж (од.)	14171	26018	-45,5	-
2	Збитки прямі (тис. грн)	7401873	4055950	82,5	-
3	Збитки побічні (тис. грн)	16966286	8711001	94,8	-
4	Загинуло людей унаслідок пожеж	565	608	-7,1	-
	-у т.ч. дітей і підлітків до 18 років	15	11	36,4	2,7
5	Загинуло людей унаслідок пожеж у містах	305	308	-1,0	54,0
6	Загинуло людей унаслідок пожеж у селах	260	300	-13,3	46,0
7	Травмовано людей на пожежах	440	519	-15,2	-
	-у т.ч. дітей та підлітків до 18 років	41	39	5,1	9,3
	-у т.ч. у містах	309	351	-12,0	70,2
8	Знищено, пошкоджено будівель і споруд (од.)	7630	8425	-9,4	-
9	Знищено, пошкоджено техніки (од.)	1126	1319	-14,6	-
10	Загинуло людей унаслідок пожеж	1,4	1,5	-6,7	-
11	Кількість пожеж на 10 тис. населення	3,4	6,3	-46,0	-
12	Збитки прямі на 10 тис. населення (тис.грн)	1799,6	976,0	у 1,8 рази	-
13	Кількість пожеж у містах	7855	12773	-38,5	55,4
14	Кількість пожеж у селах	6316	13226	-52,2	44,6
15	Кількість пожеж на об'єктах, на яких здійснюється державний нагляд (контроль)	725	770	-5,8	5,1
	- у т.ч. на підприємствах, в організаціях, закладах	725	764	-5,1	5,1
Об'єкти пожеж					
1	Будівлі виробничого призначення	214	214	0,0	1,5
2	Будівлі об'єктів торгівлі і харчування	175	226	-22,6	1,2
3	Соціально-культурні, громадські та адміністративні споруди	156	202	-22,8	1,1
4	Споруди сільськогосподарського призначення	95	24	у 4.0 рази	0,7
5	Будинки та споруди житлового призначення	7370	8652	-14,8	52,0
	- у т.ч. житлові будинки	4849	5379	-9,9	34,2
6	Природні екосистеми	42	85	-50,6	0,3
7	Відкриті території	4946	15143	-67,3	34,9
8	Транспортні засоби	615	825	-25,5	4,3
9	Інші об'єкти	558	647	-13,8	4,0
Причини виникнення пожеж					
1	Підпал	373	460	-18,9	2,6
2	Несправність виробничого обладнання	42	9	у 4,7 рази	0,3

1	2	3	4	5	6
3	Порушення правил ПБ при влаштуванні та експлуатації електроустановок	2648	2684	-1,3	18,7
4	Порушення правил ПБ при влаштуванні та експлуатації електроустановок	1790	2074	-13,7	12,6
5	Необережне поводження з вогнем	6668	17948	-62,8	47,1
6	Пустощі дітей з вогнем	50	52	-3,8	0,4
7	Порушення технології виробництва та правил експлуатації транспортних засобів	442	560	-21,1	3,1
8	Вибухи, внаслідок бойових дій	1302	1299	0,2	9,2
9	Інші причини	856	932	-8,2	6,0

*Примітки:

- 1) без урахування пожеж, що виникли на об'єктах міністерств, інших центральних органів виконавчої влади, що відповідно до постанови Кабінету Міністрів України від 26.12.03 № 2030 здійснюють їх облік самостійно;
- 2) без урахування пожеж, що виникли на тимчасово окупованих територіях Донецької та Луганської областей і територіях Автономної Республіки Крим та міста Севастополь;
- 3) без урахування пожеж, що виникли на територіях окремих регіонів України, що зазнали впливу російської військової агресії станом на 01 квітня 2023 року.

На рис. 1.1 наведено ранжування регіонів України за кількістю пожеж за 3 місяці 2023 року порівняно з аналогічним періодом 2022 року [3].

Порівняно з аналогічним періодом 2022 року кількість пожеж зменшилася на 45,5 %; збільшення кількості пожеж спостерігається тільки у будинках і спорудах сільськогосподарського призначення (збільшення у 4,0 рази). Унаслідок пожеж загинуло 565 людей, у тому числі 15 дітей; 440 людей отримали травми, у тому числі 41 дитина.

Матеріальні втрати від пожеж склали 24 млрд 368 млн 159 тис. грн (із них прямі збитки становлять 7 млрд 401 млн 873 тис. грн; побічні – 16 млрд 966 млн 286 тис. грн). Щодня в 2023 р. в Україні, в середньому, виникало 157 пожеж, матеріальні втрати від яких склали 270 млн 757 тис. гривень. У цей період кожного дня внаслідок пожеж гинули 6 людей і 4 людини отримували травми, вогнем знищувалося або пошкоджувалося 84 будівлі (споруди) і 12 одиниць техніки. Оцінено, що прямі збитки від однієї пожежі становили у 2023 році приблизно 522 тис. гривень.

Також з рис. 1 видно, що відбувається загальне зменшення кількості пожеж в Україні (-45,5 %) за 3 місяці 2023 року порівняно з аналогічним періодом 2022 року, але при цьому відбувається їх збільшення у Сумській (+34,2 %), Чернігівській (+21,5 %), Київській (+14,0 %) та Харківській (+10,1 %) областях. Відомо, що на розподіл кількості пожеж суттєво вплинуло інтенсивність бойових дій у межах окремих регіонів України, їх часткова окупація російськими збройними формуваннями, а також переміщення населення та промислових потужностей зі східних регіонів на захід країни.

Ранжування основних причин виникнення пожеж за кількістю людей, загиблих унаслідок пожеж, упродовж 3 місяців 2023 року порівняно з аналогічним періодом 2022 року наведено на рис. 2.

Причина пожежі – обставина, дія, процес, що безпосередньо спричинює виникнення пожежі.

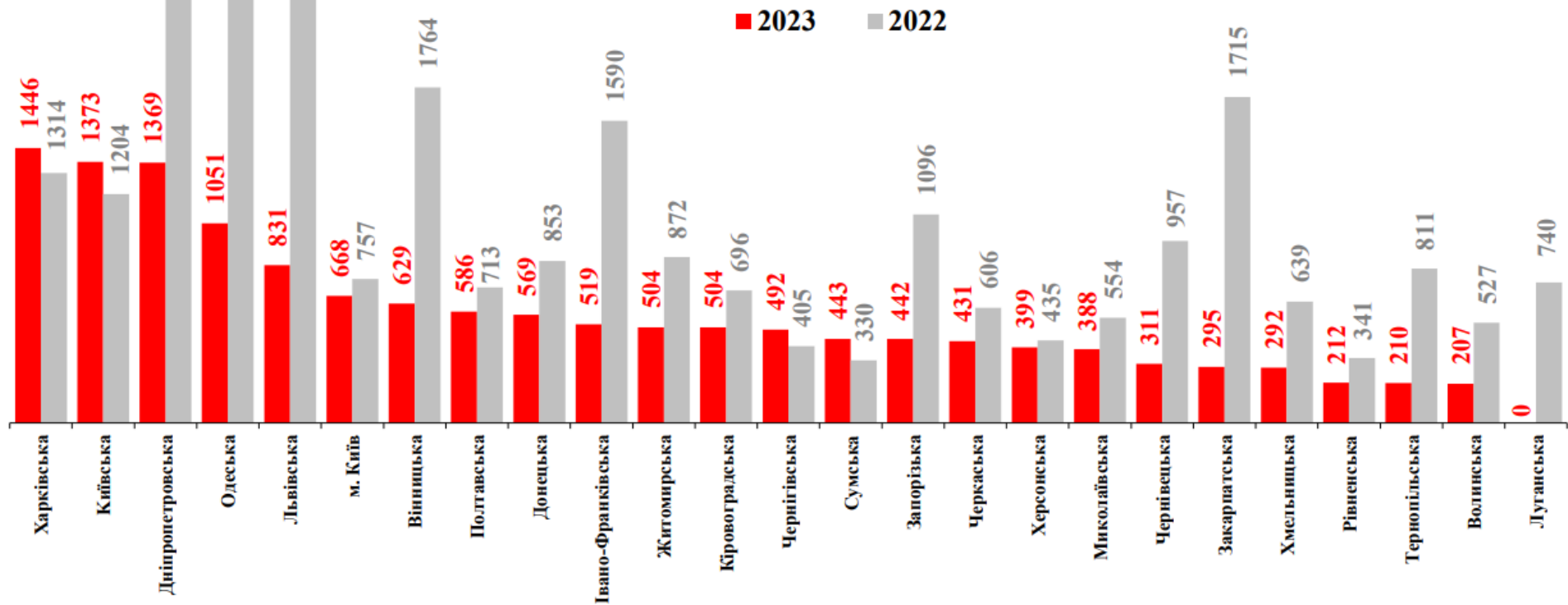


Рисунок 1.1 – Ранжування регіонів України за кількістю пожеж за 3 місяці 2023 року порівняно з аналогічним періодом 2022 року [3]

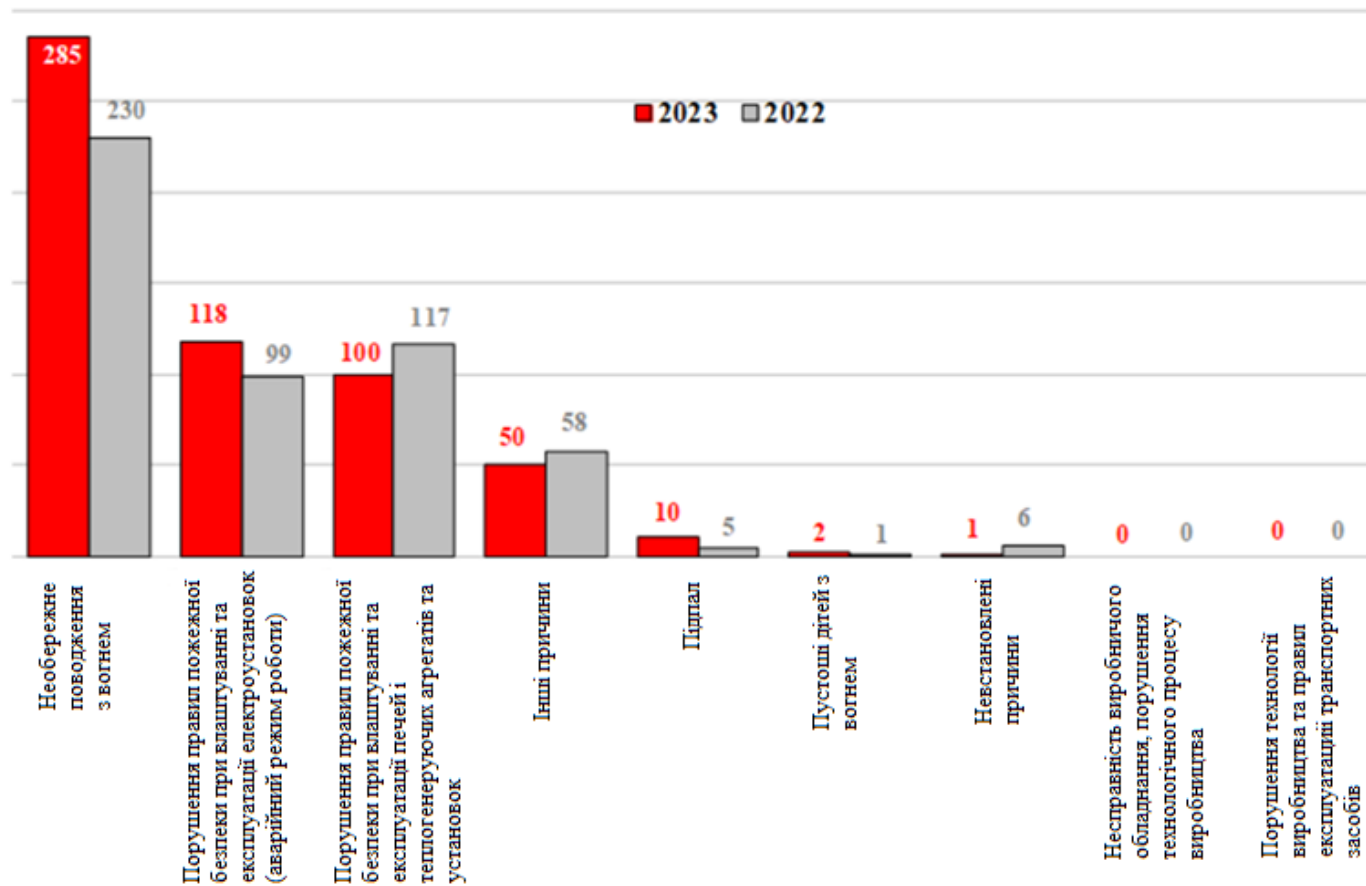


Рисунок 1.2 – Ранжування основних причин виникнення пожеж за кількістю людей, загиблих унаслідок пожеж, за 3 місяці 2023 року порівняно з аналогічним періодом 2022 року [3]

З наведених даних видно, що порівняно з аналогічним періодом 2022 року спостерігається збільшення кількості загиблих людей унаслідок пожеж, причиною яких стали:

- підпали (збільшення у 2,0 рази);
- пустощі дітей з вогнем (збільшення у 2,0 рази);
- порушення правил пожежної безпеки при влаштуванні та експлуатації електроустановок (+19,2 %).

Підпал – вчинення зловмисних дій, якими спричинено виникнення пожежі.

Аналіз статистичних даних показав, що зменшення кількості загиблих спостерігається з наступних причин виникнення пожеж:

- порушення правил улаштування та експлуатації печей, теплогенеруючих агрегатів та установок (-14,5 %);
- вибухів (входить до групи «Інші пожежі») (-13,8 %);
- необережного поводження з вогнем (-13,1 %).

Аналіз осіб, що загинули під час пожеж, показав, що найбільша частка випадків припадає на пенсіонерів та безробітних, віком від 60 років і старше та 40-60 років відповідно. Розподіл кількості загиблих унаслідок пожеж людей за соціальним статусом за 3 місяці 2023 року порівняно з аналогічним періодом 2022 року наведено у табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Розподіл кількості загиблих унаслідок пожеж людей за соціальним статусом за 3 місяці 2023 року порівняно з аналогічним періодом 2022 року [3]

№ з/п	Соціальний статус загиблого	Кількість загиблих		+/-, у %	Питома вага, %
		2023	2022		
1	Пенсіонер	291	313	-7,0	51,5
2	Безробітний	145	175	-17,1	25,7
3	Робітник	38	34	11,8	6,7
4	Особа без певного місця проживання	13	7	85,7	2,3
6	Дитина дошкільного віку (до 6 років)	8	6	33,3	1,4
7	Домогосподарка	5	4	25,0	0,9
8	Студент	0	0	0	0,0
9	Соціальний статус не вказано	65	69	-5,8	11,5
Всього в Україні:		565	608	-7,1	-

2 Законодавча та нормативна база забезпечення пожежної безпеки. Відповідальність за порушення вимог законодавства з питань пожежної безпеки

Правовою основою діяльності в галузі пожежної безпеки є Конституція України, *Кодекс цивільного захисту України* та інші закони України, постанови Верховної Ради України, укази та розпорядження Президента України, дикрети, постанови та розпорядження Кабінету Міністрів України, рішення органів державної виконавчої влади, місцевого та регіонального самоврядування, прийняті в межах їх компетенції. Забезпечуючи пожежну безпеку на підприємстві необхідно керуватись *Правилами пожежної безпеки в Україні*.

Пожежна безпека об'єкта – стан об'єкта, за якого ймовірність виникнення і розвитку пожежі та ймовірність впливу небезпечних чинників пожежі не перевищують унормованих допустимих значень.

Пожежна небезпека об'єкта – сукупність чинників, які зумовлюють можливість виникнення і (або) розвитку пожежі на об'єкт.

Кодекс цивільного захисту України

Кодекс цивільного захисту України регулює відносини, пов'язані із захистом населення, територій, навколишнього природного середовища та майна від надзвичайних ситуацій, реагуванням на них, функціонуванням єдиної державної системи цивільного захисту, та визначає повноваження органів державної влади, Ради міністрів Автономної Республіки Крим, органів місцевого самоврядування, права та обов'язки громадян України, іноземців та осіб без громадянства, підприємств, установ та організацій незалежно від форми власності [4].

Відповідно до статті 55 Кодексу обов'язок із забезпечення пожежної безпеки покладається:

- на власників та керівників суб'єктів господарювання;
- на органи архітектури, замовників, забудовників, проектні та будівельні організації під час проектування та забудови населених пунктів, будівництва будівель і споруд;
- в жилих приміщеннях державного, комунального, громадського житлового фонду, фонду житлово-будівельних кооперативів – на квартиронаймачів і власників квартир, а в жилих приміщеннях приватного житлового фонду та інших спорудах, приватних житлових будинках садибного типу, дачних і садових будинках з господарськими спорудами та будівлями – на їх власників або наймачів, якщо це обумовлено договором найму.

Кодексом регулюються наступні питання:

- початок роботи новоутворених підприємств та використання суб'єктом господарювання об'єктів нерухомості;
- визначення видів пожежної охорони та встановлення завдань охоронним службам;
- державний нагляд у сфері пожежної безпеки;
- підстави для зупинення роботи підприємств, об'єктів, діляниць, механізмів, устаткування, транспортних засобів тощо.
- визначення повноважень центрального органу виконавчої влади, який здійснює нагляд у цій сфері, в тому числі і порядок видачі ним приписів, постанов і розпоряджень.

Правила пожежної безпеки в Україні

Правила встановлюють загальні вимоги з пожежної безпеки до будівель, споруд різного призначення та прилеглих до них територій, іншого нерухомого майна, обладнання, устаткування, що експлуатуються, будівельних майданчиків, а також під час проведення робіт з будівництва, реконструкції, реставрації, капітального ремонту, технічного переоснащення будівель та споруд.

Споруда – нерухома штучна структура (конструкція, також будівля) порівняно великого розміру.

Споруда – будівельна система, пов'язана з землею, яку створено з будівельних матеріалів, напівфабрикатів, устаткування та обладнання шляхом виконання будівельно-монтажних робіт.

Інженерні споруди – це об'ємні, площинні або лінійні наземні, надземні або підземні будівельні системи, що складаються з опорних та, в окремих випадках, огорожувальних конструкцій, які призначено для виконання виробничих процесів різних видів: розміщення устаткування, матеріалів та виробів, для тимчасового перебування і пересування людей, транспортних засобів, вантажів, переміщення рідких та газоподібних продуктів (дамби, тунелі, естакади, мости тощо).

Будівля – вид споруди, що складається з опорних та обгороджувальних або сполучених (опорно-обгороджувальних) конструкцій, які утворюють наземні або підземні приміщення, які призначено для проживання або перебування людей, розміщення устаткування, тварин, рослин, а також предметів.

Вимоги цих Правил не поширюються на підземні споруди промислового призначення; метрополітени (крім об'єктів комерційного, торговельного та соціально-побутового призначення); тунелі; об'єкти виробництва, зберігання та утилізації вибухових і радіоактивних речовин й засобів підривань; плавучі споруди; нафто-, газо-, продуктопроводи; лісові масиви.

Ці Правила є обов'язковими для виконання суб'єктами господарювання, органами державної влади, органами місцевого самоврядування, громадянами України, іноземцями та особами без громадянства, які перебувають в Україні на законних підставах [5].

Нормативно-правові акти, що регламентують основні вимоги пожежної безпеки для підприємств, виходячи із сфери їх дії:

- ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення.
- Правила улаштування електроустановок, затверджені наказом Міненергуюгільля від 21.07.2017 №476;
- Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів, затверджені наказом Мінпаливенерго від 25.07.2006 № 258;
- НПАОП 40.1-1.32-01 «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок»;
- НАПБ В.01.056-2013/111 «Правила будови електроустановок. Пожежна безпека електроустановок. Інструкція»;
- Правила експлуатації та типові норми належності вогнегасників, затверджені наказом МВС від 15.01.2018 № 25;
- ДБН В. 2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту»;
- ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги»;
- ДСТУ ISO 23601:2019 «Ідентифікація безпечності. Знаки на планах евакуації»;

- ДСТУ EN ISO 7010:2019 «Графічні символи. Кольори та знаки безпеки. Зареєстровані знаки безпеки»;
- ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою».
- ДСТУ EN 62305-1:2012 Захист від блискавки. Частина 1. Загальні принципи (EN 62305-1:2011, IDT);
- ДСТУ ІЕС 62305-2:2012 Захист від блискавки. Частина 2. Керування ризиками (ІЕС 62305-2:2010, IDT);
- ДСТУ 2273:2006 Протипожежна техніка. Терміни та визначення основних понять
- ДСТУ 4500-3:2008 Вантажі небезпечні. Класифікація
- ДСТУ 4500-5:2005 Вантажі небезпечні. Маркування

Перелік основних документів з питань пожежної безпеки, які повинні бути на підприємстві [6]:

- Декларації відповідності матеріально-технічної бази вимогам законодавства з питань пожежної безпеки;
- Документація про визначення категорій щодо вибухопожежної та пожежної небезпеки відповідно до вимог ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою», а також класів зон згідно з «Правилами будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок» для всіх будівель і приміщень виробничого, складського призначення і для зовнішніх виробничих і складських ділянок, які необхідно позначати на вхідних дверях до приміщення, а також у межах зон усередині приміщень та ззовні;
- Наказ по підприємству про призначення відповідального з пожежної безпеки;
- Наказ про введення протипожежного режиму на підприємстві;
- Наказ про визначення спеціальних місць для куріння;
- Наказ про порядок проведення навчання, перевірки знань із питань пожежної безпеки та інструктажів;
- Програма проведення вступного інструктажу;
- Програма проведення повторного інструктажу;
- Журнали проведення вступного і повторного інструктажів з пожежної безпеки;
- Журнал реєстрації інструктажів із питань цивільного захисту, пожежної безпеки та дій у надзвичайних ситуаціях;
- Технічний звіт із протоколами заміру опору ізоляції і перевірки спрацювання приладів захисту електричних мереж та електроустановок;
- Документ щодо визначення необхідної кількості первинних засобів пожежогасіння окремо для кожного поверху та приміщення;
- Паспорти на вогнегасники, сертифікати на продукцію протипожежного призначення, копії ліцензій підрядних організацій тощо.
- Журнал обліку вогнегасників;

- Договір з пунктом технічного обслуговування вогнегасників;
- Журнал обліку перевірок джерел зовнішнього протипожежного водопостачання;
- Журнал обліку технічного обслуговування пожежних кран-комплектів;
- Інструкції з пожежної безпеки, згідно профілю підприємства;
- Акти введення в експлуатацію (оцінки відповідності) систем протипожежного захисту (пожежної сигналізації, автоматичного пожежогасіння, димовидалення, оповіщення про пожежу тощо);
- Договори на технічне обслуговування систем протипожежного захисту;
- Плани евакуації;
- План реагування на надзвичайні ситуації;
- Інструкція, що визначає дії персоналу щодо забезпечення безпечної та швидкої евакуації людей, за якою не менше одного разу на півроку мають проводитися практичні тренування всіх залучених працівників (для об'єктів з масовим перебуванням людей);
- Порядок відмикання електроенергії (за винятком систем протипожежного захисту), зупинення транспортувальних пристроїв, агрегатів, апаратів, перекриття сировинних, газових, парових та водяних комунікацій, зупинення систем вентиляції в аварійному та суміжних з ним приміщеннях (за винятком пристроїв протидимового захисту) та здійснення інших заходів, що сприяють запобіганню розвитку пожежі та задимленню будинку.

Згідно з діючим законодавством передбачені адміністративна та кримінальна **відповідальності за порушення вимог законодавства** з питань пожежної безпеки [7].

Адміністративна відповідальність у межах Кодексу про адміністративні правопорушення настає за порушення встановлених законодавством вимог пожежної та техногенної безпеки, а також використання протипожежної, аварійно-рятувальної або іншої спеціальної техніки або засобів протипожежного захисту не за призначенням [7-9]. Адміністративна відповідальність передбачена статтею 175 КУпАП [8] полягає у накладенні адміністративного стягнення (штраф) на громадян від ста до двохсот неоподатковуваних мінімумів доходів громадян і на посадових осіб та фізичних осіб-підприємців – від двохсот до трьохсот неоподатковуваних мінімумів доходів громадян.

Відповідно до Кримінального кодексу України порушення встановлених законодавством вимог пожежної або техногенної безпеки, якщо воно спричинило виникнення пожежі або аварії, якою заподіяно шкоду здоров'ю людей або майнову шкоду у великому розмірі, – карається штрафом від однієї тисячі до чотирьох тисяч двадцяти НМДГ або виправними роботами на строк до двох років, або обмеженням волі на строк до трьох років, або позбавленням волі на той самий строк (ст. 270 КК України) [9]. Те саме діяння, якщо воно спричинило загибель людей, *майнову шкоду* в особливо великому розмірі або інші тяжкі наслідки, – карається позбавленням волі на строк від трьох до восьми років.

Майнова шкода вважається заподіяною у великих розмірах, якщо прямі збитки становлять суму, яка в триста і більше разів перевищує неоподатковуваний мінімум доходів громадян, а в особливо великих розмірах – якщо прямі збитки становлять суму, яка в тисячу і більше разів перевищує неоподатковуваний мінімум доходів громадян [9].

За те саме діяння, якщо воно спричинило загибель людей, майнову шкоду в особливо великому розмірі або інші тяжкі наслідки, особа карається позбавленням волі на строк від трьох до восьми років.

Зупинення підприємства у зв'язку із порушеннями правил та норм пожежної безпеки відбувається лише за рішенням адміністративного суду у разі звернення уповноваженого державного органу. Таке рішення може бути прийняте на основі аналізу стану виробничої діяльності підприємства та встановлення ним правопорушення, що може завдати шкоду життю та здоров'ю людей. Згідно ст. 70 Кодексу цивільного захисту України [4] правовими підставами для звернення уповноваженого органу до адміністративного суду щодо застосування заходів реагування у вигляді повного або часткового зупинення роботи підприємств, об'єктів, окремих виробництв, цехів, дільниць, експлуатації машин, механізмів, устаткування, транспортних засобів є:

- недотримання вимог пожежної безпеки, визначених цим Кодексом, іншими нормативно-правовими актами, нормами і правилами;
- порушення вимог пожежної безпеки, передбачених нормами і правилами, під час будівництва приміщень, будівель та споруд виробничого призначення;
- випуск і реалізація вибухопожежонебезпечної продукції та продукції протипожежного призначення з відхиленням від вимог, визначених нормативно-правовими актами або без даних щодо відповідності такої продукції вимогам пожежної безпеки;
- нездійснення заходів щодо захисту персоналу від шкідливого впливу ймовірних надзвичайних ситуацій;
- відсутність на виробництвах, на яких застосовуються небезпечні речовини, паспортів (формулярів) на обладнання та апаратуру або систем із забезпечення їх безперебійної (безаварійної) роботи;
- невідповідність кількості засобів індивідуального захисту органів дихання від небезпечних хімічних речовин нормам забезпечення ними працівників суб'єкта господарювання, їх непридатність або відсутність;
- порушення правил поведінки з небезпечними речовинами;
- відсутність або непридатність до використання засобів індивідуального захисту в осіб, які здійснюють обслуговування об'єктів підвищеної небезпеки, а також в осіб, участь яких у ліквідації наслідків надзвичайної ситуації передбачена планом локалізації і ліквідації аварій та їх наслідків;
- відсутність на об'єкті підвищеної небезпеки диспетчерської служби або її неготовність до виконання покладених на неї завдань, у тому числі через відсутність відповідних документів, приладів, обладнання або засобів індивідуального захисту;

- неготовність до використання за призначенням аварійно-рятувальної техніки, засобів цивільного захисту, а також обладнання, призначеного для забезпечення безпеки суб'єктів господарювання;
- проведення робіт з будівництва будинків та споруд, розміщення інших небезпечних об'єктів, інженерних і транспортних комунікацій, які порушують встановлений законодавством з питань техногенної безпеки порядок їх проведення або проведення яких створює загрозу безпеці населення, суб'єктам господарювання, обладнанню та майну, що в них перебувають.

Питання до самоконтролю:

1. Що таке пожежа?
2. Поясніть динамку в причинах виникнення пожеж у 2022-2023 роках.
3. Яка різниця між поняттями «пожежна безпека об'єкта» та «пожежна безпека об'єкта»?
4. Наведіть перелік основних документів з питань пожежної безпеки, які повинні бути на підприємстві.
5. Яким чином в Україні карається порушення встановлених законодавством вимог пожежної або техногенної безпеки, якщо воно спричинило виникнення пожежі або аварії, якою заподіяно шкоду здоров'ю людей або майнову шкоду у великому розмірі?
6. Наведіть причини за яких відбувається зупинення діяльності підприємства у зв'язку із порушеннями правил та норм пожежної безпеки.

**ТЕМА 2. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ГОРІННЯ.
ПОЖЕЖОВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНІ ВЛАСТИВОСТІ РЕЧОВИН І
МАТЕРІАЛІВ**

Мета вивчення теми

Розглянути умови утворення горючого середовища, встановлювати джерела запалювання, оцінювати та попереджувати вибухопожежонебезпеку.

План

1. Теоретичні основи процесів горіння.
2. Види горіння. Зони та класи пожеж.
3. Горіння твердих речовин та матеріалів.
4. Горіння рідин, газів та пилу.
5. Самозаймання.
6. Показники пожежовибухонебезпеки речовин і матеріалів.

Основні терміни

Процес горіння, джерело запалювання, самоспалахування, нормальна швидкість поширення полум'я, температура самозаймання, ламінарне горіння, турбулентне горіння, зона горіння, зона теплового впливу, зона задимлення, зона токсичності, горючі та легкозаймисті рідини, дифузійне горіння, самозаймання, пірофорні речовини, пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів, група горючості, температура спалаху, спалах, температура займання, займання, нижня (верхня) концентраційна межа поширення полум'я, температурні межі поширення полум'я, температура тління, тління, мінімальна енергія запалювання, кисневий індекс, нормальна швидкість поширення полум'я, швидкість вигорання, коефіцієнт димоутворення, індекс поширення полум'я, показник токсичності продуктів горіння, група займистості, спалахування, група поширення полум'я, поширення полум'я, мінімальна флегматизувальна концентрація флегматизатора, мінімальний вибухонебезпечний вміст кисню, максимальний тиск вибуху, швидкість наростання тиску вибуху.

1 Теоретичні основи процесів горіння

Процес горіння – це екзотермічна реакція окиснення речовини, яка супроводжується виділенням диму та/або виникненням полум'я та/або світінням. Іншими словами горіння – це з'єднання кисню або іншого окисника з горючою речовиною.

Оскільки з'єднання окисника з горючою речовиною носить екзотермічний характер, то має місце виділення теплової енергії. Для деяких горючих речовин така реакція може початися за нормальних температур навколишнього середовища під дією безпосередньо кисню повітря або ряду інших стимулюючих чинників. Однак лише у виключних випадках подібні реакції можуть призвести до пожежі, тому що швидкість їх перебігу невисока і у речовин з малою теплопровідністю тепло що розсіюється в навколишнє середовище, викликає незначне підвищення температури речовини. При певній температурі (температурі займання), що залежить від природи речовини та деяких інших факторів, виникає активізація, різко підвищується рівноважна температура і речовина займається. Для того щоб мало місце спалахування (займання), що супроводжується появою полум'я, речовина повинна розпочати виділяти горючі гази або пари в результаті випаровування, розкладу або хімічної реакції. У протилежному випадку горіння буде безполум'яним [10].

Горіння виникає за одночасної наявності трьох основних та деяких додаткових умов, наведених на рис. 2.1 [10].

Джерело запалювання – це тепла енергія, що призводить до займання. Для початку реакції необхідно щоб джерело мало певний запас енергії та достатню температуру, а горюча речовина та окисник повинні знаходитися в необхідному співвідношенні один з одним. Горючі речовини разом з окисником утворюють горючу суміш (систему).

Горючі суміші, залежно від співвідношення пального та окисника поділяються наступним чином:

- бідні, що не вміщують у достатку за співвідношенням компонентів, окисник;

- багаті, що вміщують у достатку пального.

Для повного згоряння необхідна наявність достатньої кількості кисню, щоб забезпечити повне перетворення пального в його насичені оксиди. При недостатній подачі повітря окиснюється тільки частина речовини. Залишок розкладається з виділенням великої кількості диму. При цьому утворюється найбільш розповсюджений продукт неповного згоряння – оксид вуглецю (СО). Дим складається з твердих та рідких частинок, які залишаються у завислому стані в газоподібних продуктах горіння та пересуваються разом з ними. Речовини, в продуктах розкладу яких вміщується більший процент важких фракцій, наприклад смоли, утворюють густий дим [10].

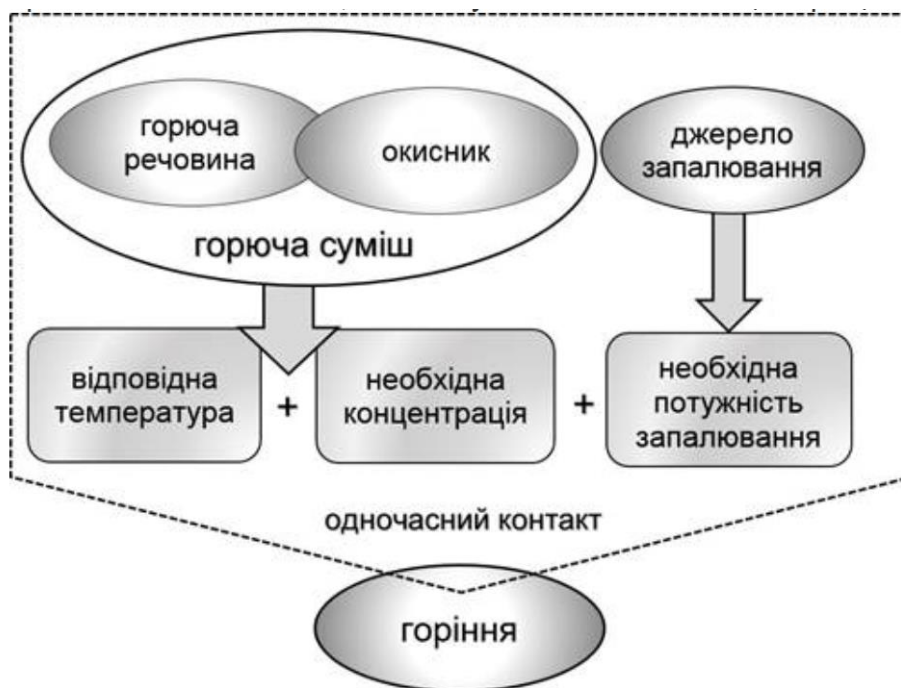


Рисунок 2.1 – Умови виникнення процесу горіння [10]

На пожежах, як правило, горіння відбувається за браком окисника, що призводить до утворення неповних продуктів горіння та виділення диму. У свою чергу, такі обставини серйозно ускладнюють пожежогасіння внаслідок погіршення видимості або наявності токсичних речовин у повітряному середовищі.

Надлишок повітря, з іншого боку, охолоджує газоподібні продукти горіння. У тих випадках, коли пального небагато, охолодження буває достатньо, щоб загасити вогонь, оскільки температура падає нижче рівня, необхідного для займання. Саме таке явище має місце, коли задувають свічку. У той же час сильний вітер під час лісової пожежі здійснює зворотну дію, тому що маса горючого матеріалу та об'єм газоподібних продуктів горіння надто великі, щоб могло бути здійснено необхідне охолодження.

Оскільки з продуктів горіння та термічного розкладу неможливо знову створити речовину, що згоріла, то горіння є незворотним процесом.

На рис. 2.2 наведені основні стадії полуменевого горіння.

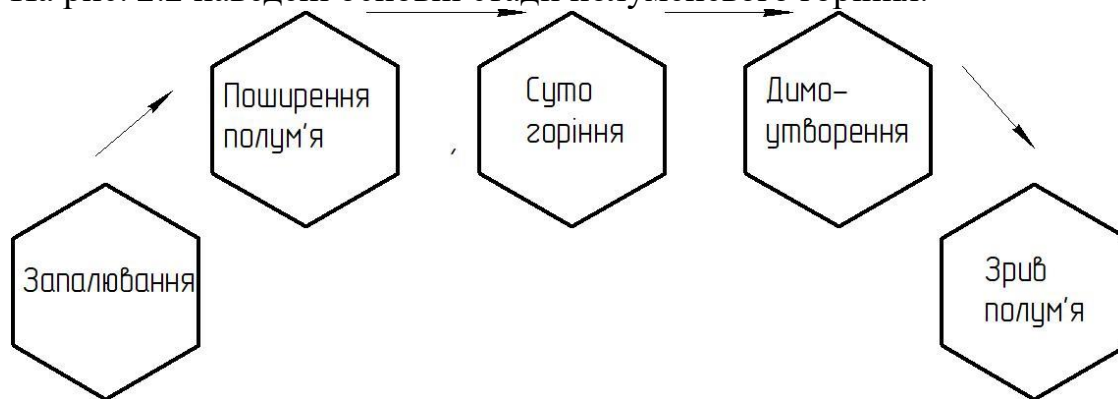


Рисунок 2.2 – Основні стадії полуменевого горіння

У всіх випадках для горіння характерні три типові стадії: виникнення, поширення та згасання полум'я. Найбільш загальними властивостями горіння є здатність осередку полум'я, яке виникло, пересуватися по всій горючій суміші шляхом передачі тепла або дифузії активних частинок із зони горіння в свіжу суміш. Звідси виникає й механізм поширення полум'я, відповідно **тепловий** та **дифузійний**. Горіння проходить, як правило, за комбінованим тепловим дифузійним механізмом.

Існує два режими проходження горіння [10]:

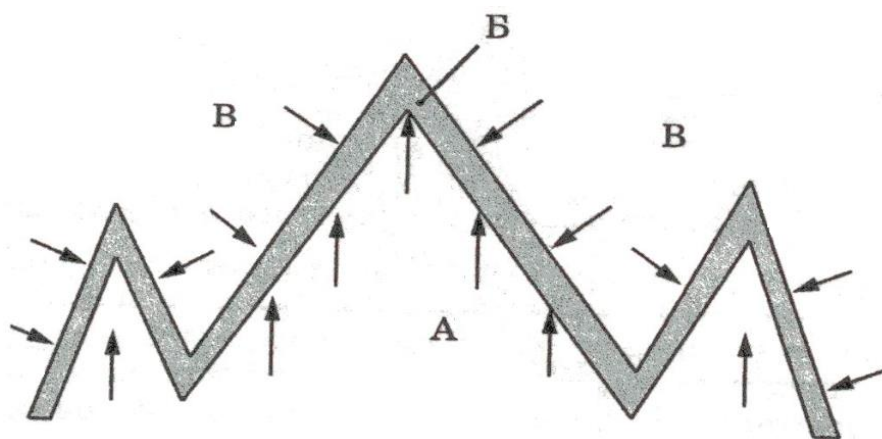
Самоспалахування – полягає в різкому збільшенні швидкості екзотермічних об'ємних реакцій, що супроводжується полуменим горінням, тобто – це самочинне виникнення полуменевого горіння попередньо нагрітої до певної критичної температури горючої суміші. Така температура має назву **температури самоспалахування**.

Поширення фронту полум'я (межі зони горіння в газовій фазі) здійснюється по холодній суміші під час її локального займання (спалахування) від зовнішнього джерела.

У процесі дифузійного горіння полум'я (рис.2.3) наче стоїть на місці, а в нього втікають з одного боку – горючі пари та гази (зона А), з іншого боку — повітря (зона В).

Спочатку полум'я поширюється сферично. При досягненні стінок трубки воно перетворюється в плоский вузький – завтовшки менш 10^{-6} м фронт, що рухається у бік свіжої суміші. Продукти горіння, що утворюються, об'єм яких внаслідок підвищення температури в декілька разів перевищує об'єм вихідної суміші. Швидкість переміщення фронту полум'я відносно неспаленого газу по нормалі до його поверхні називається **нормальною швидкістю поширення полум'я**.

Нормальна швидкість поширення полум'я характеризується мінімальною величиною, не залежить від умов, а тільки лише від хімічного складу горючої суміші та співвідношення пального з окисником. Максимальне значення такої швидкості відповідає стехіометричному співвідношенню компонентів горючої суміші. Цей показник має характер фізико-хімічної константи.



А – зона горючих парів; Б – зона горіння; В – навколишнє середовище (повітря)

Рисунок 2.3 – Схема дифузійного горіння

У процесі дифузійного горіння полум'я наче стоїть на місці, а в нього втікають з одного боку – горючі пари та гази (зона А), з іншого боку – повітря (зона В).

Важливішою особливістю всіх процесів горіння є самоприскорювальний характер хімічної реакції [10].

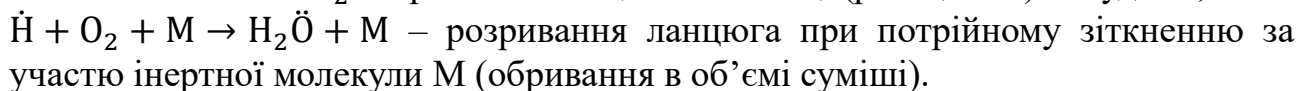
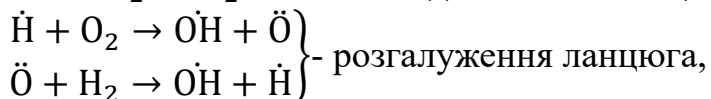
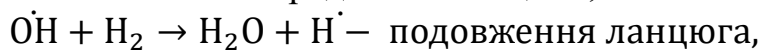
Самоприскорені перетворення при горінні можуть відбуватися за тепловим та ланцюговим механізмами.

Суть теплового механізму полягає в зростанні швидкості реакції зі збільшенням температури, а збільшення температури, в свою чергу, зумовлене екзотермічністю реакції окиснення-відновлення. Згідно з теорією «теплового вибуху», розігрів у горючій суміші при її послідовному нагріванні зовні зумовлюється співвідношенням швидкостей процесів тепловиділення та тепловідведення з зони реакції (за умов коли швидкість процесу тепловиділення більше швидкості тепловідведення). Найнижча температура за якою відбувається підігрів суміші має назву **температура самозаймання**.

Отже, при безперервному нагріванні горючої суміші обов'язково повинна досягатися вищезазначена умова. Прискорення реакції може досягатися не тільки через підвищення температури при саморозігріванні протягом екзотермічної реакції, але й в результаті особливого характеру хімічних перетворень при горінні – **ланцюгових реакцій**. Носіями таких реакцій є особливо активні частинки: радикали та атоми, які мають вільні валентні зв'язки. Коли ці частинки зіштовхуються з вихідними молекулами або продуктами перетворення, взаємодія між ними має місце при значно менших значеннях енергії активації, ніж при молекулярних процесах. В особливого роду ланцюгових реакціях, що називаються **розгалуженими**, швидкість реакції бурхливо зростає за рахунок того, що внаслідок взаємодії активного центра з молекулою утворюється декілька активних центрів. Від додатково створених активних частинок виникають власні ланцюги перетворень, які призводять до ще більшого накопичення активних центрів та лавиноподібного зростання швидкості сумарного процесу. У той же час в деяких реакціях активні частинки можуть взаємодіяти з іншими частинками таким чином, що активні центри взагалі не будуть утворюватися, що призведе до

розірвання ланцюгової реакції. Кінцевий результат залежить від співвідношення швидкостей реакцій розгалуження та розірвання ланцюгів.

Характерним прикладом розгалуженої ланцюгової реакції є окиснення водню, що проходить за такою схемою [10]:



З наведеної схеми видно, що протягом одного циклу перетворень кожний атом водню, що вступає в реакцію, призводить до утворення трьох нових активних частинок, позначених точками над відповідними хімічними символами. Якщо розгалуження проходить частіше, ніж обривання ланцюга, то швидкість реакції буде безперервно зростати, що призведе кінець кінцем до самозаймання. При цьому в даному випадку для прискорення реакції не потрібно нагрівати суміш. Екзотермічний хімічний процес, що розпочався ланцюговим шляхом, супроводжується виділенням тепла, яке призводить до теплового самоприскорення.

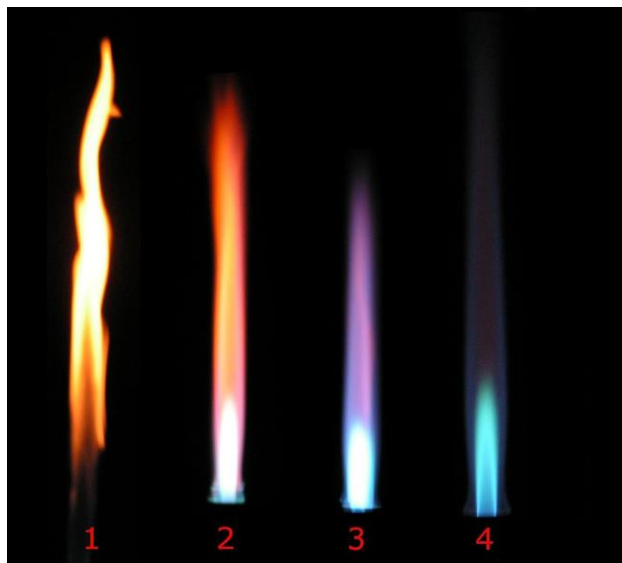
Слід відзначити, що в умовах реальної пожежі горіння проходить за комбінованим ланцюгово-тепловим механізмом.

Колір полум'я [11]. В зоні горіння можуть виникати вільні радикали й молекули в електронно-збуджених і коливально-збуджених станах. Якщо інтенсивність свічення достатньо висока, то його можна побачити неозброєним оком. Колір полум'я визначається тим, на яких частотах ідуть квантові переходи, що роблять основний внесок у випромінювання в видимій області спектра. Значна частина випромінювання, особливо при наявності твердої фази, пилинок або частинок сажі в полум'ї, припадає на інфрачервону область, яка суб'єктивно сприймається як жар від вогню. В інфрачервоне випромінювання роблять внесок коливально-збуджені молекули CO, CO₂ і H₂O.

При горінні водню в чистому повітрі полум'я майже безбарвне. Воно має ледь помітний блакитний відтінок через випромінювання радикалів OH в оптичному діапазоні на довжинах хвиль 306-308 нм. Однак зазвичай водневе полум'я в повітрі світиться сильніше через наявність пилинок і органічних мікродомішок.

Полум'я при горінні вуглеводневих палив у пальнику Бунзена, таких як пропан чи бутан, може мати різний колір залежно від співвідношення пального і повітря (рис.2.4). При горінні в дифузійному режимі без подачі повітря в пальник полум'я забарвлене в жовтий або червонуватий колір, викликаний свіченням розжарених мікрочастинок сажі. При підмішуванні невеликої кількості повітря на виході з пальника виникає неяскравий синій конус полум'я. Подальше збільшення подачі повітря призводить до виникнення двох конусів полум'я,

внутрішнього яскравого синьо-зеленого і зовнішнього синьо-фіолетового, набагато менш інтенсивного.



1 – подача повітря закрита; 2 – подача повітря знизу майже перекрита; 3 – суміш близька до стехіометричної; 4 – максимальна подача повітря

Рисунок 2.4 – Полум'я у пальнику Бунзена [11]

Здатність домішок забарвлювати полум'я в різні кольори використовується в аналітичній хімії для пірохімічного аналізу і в піротехніці для салютів, феєрверків та сигнальних ракет.

Надзвичайно швидке хімічне перетворення речовини, що супроводжується виділенням енергії та утворенням стиснених газів, здатних виконувати механічну роботу, називається **вибухом**. Під час вибуху відбувається процес вивільнення великої кількості енергії в обмеженому об'ємі за короткий проміжок часу.

Вибухонебезпечна (або вибухова) суміш, яка заповнює об'єм, в якому була виділена енергія, перетворюється в сильно нагрітий газ з високим тиском. Цей газ з великою силою діє на навколишнє середовище, здійснює утворення вибухової хвилі. З віддаленням від місця вибуху механічна дія вибухової хвилі послаблюється.

2 Види горіння. Зони та класи пожеж

Залежно від агрегатного стану пального та окисника розрізняють три види горіння [10]:

- гомогенне горіння газів і пароподібних горючих речовин в середовищі газоподібного окисника;
- гетерогенне горіння твердих горючих речовин в середовищі газоподібного окисника;
- горіння вибухових речовин та порохів.

Горіння рідких горючих речовин в рідких окисниках є різновидом гетерогенного горіння.

За швидкістю поширення полум'я горіння поділяється на:

- дефлаграційне – швидкість полум'я в межах декількох $\text{м}\cdot\text{с}^{-1}$;
- вибухове – швидкість полум'я до сотень $\text{м}\cdot\text{с}^{-1}$;
- детонаційне – поширюється із надзвуковими швидкостями порядку тисяч $\text{м}\cdot\text{с}^{-1}$.

Дозвукове горіння поділяється на ламінарне та турбулентне.

Ламінарне горіння характеризується пошаровим поширенням фронту полум'я по свіжій горючій суміші, **турбулентне** – змішуванням шарів потоку.

Як нам уже відомо, в процесі горіння утворюються продукти горіння. Крім диму, до них належать:

- сажа – тонкодисперсний аморфний вуглецевий залишок, що утворюється під час неповного згорання;
- зола – неорганічні залишки після повного згорання;
- шлак (жужіль) – твердий агломерат залишків часткового або повного плавлення матеріалу як результат його повного або неповного згорання.

Залежно від видів горіння визначаються й типи пожеж (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Типи пожеж та умови їх протікання [10]

№ з/п	Найменування	Температура, що спостерігається, °С
1	Тління	≥ 100
2	Окиснюючий безполуменевий терморозклад	< 500
3	Безполуменевий піроліз	1000
4	Полуменеве горіння, що розвивається	400-500
5	Полуменеве горіння, що повністю розвинулось при низькій швидкості газообміну	600-1000
6	Розвинене полуменеве горіння при високій швидкості газообміну	600-1000

Етапи розвитку пожежі розглянемо на прикладах пожежі у звичайному приміщенні [10]:

I етап пожежі – перетворення загорання в пожежу, тривалість – 1-3 хв.

II етап пожежі – зростання зони горіння – 5-6 хв.

III етап пожежі – бурхливий процес горіння, температура всередині приміщення досягає 250-300 °С, починається об'ємний розвиток пожежі, коли полум'я заповнює весь об'єм приміщення і поширення полум'я проходить вже не по поверхні, а дистанційно – через розриви. Руйнування застелення. Тривалість – 6-9 хв.

IV етап пожежі – як результат руйнування застелення, приплив свіжого повітря різко сприяє розвитку пожежі. Температура всередині приміщення підвищується з 500-600 °С до 800-900 °С. Швидкість вигорання максимальна. Тривалість – 9-12 хв.

V етап – стабілізація пожежі на 20-25 хв від початку горіння.

VI етап – зниження інтенсивності горіння.

Протягом перших двох етапів проходить лінійне поширення вогню. Тому дуже важливо в цей час викликати пожежні підрозділи та вжити заходів щодо гасіння пожежі до початку етапу її бурхливого зростання.

Активна ділянка пожежі включає в себе чотири зони (рис. 2.5).

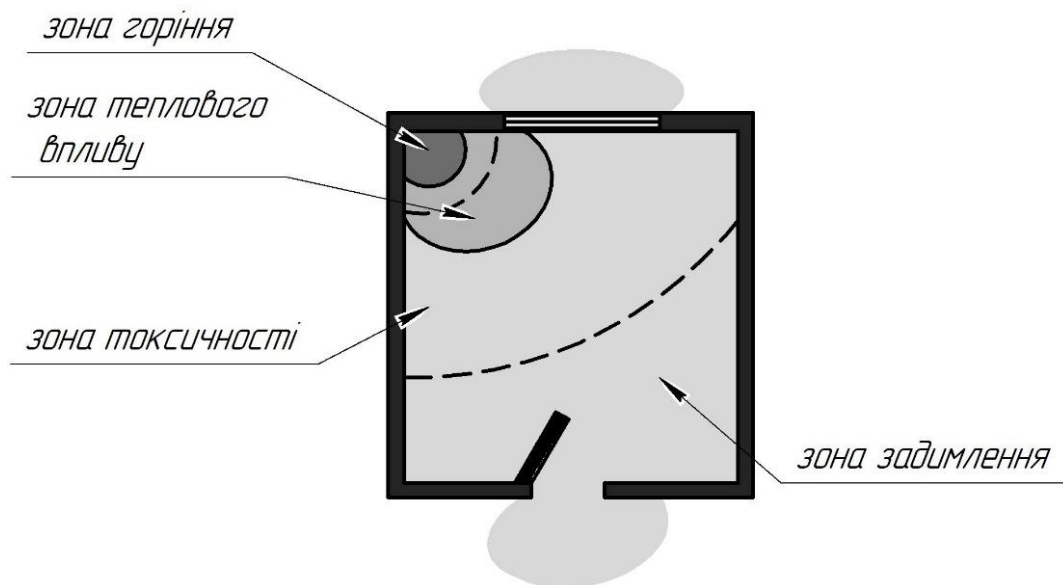


Рисунок 2.5 – Зони пожежі

Зона горіння – частина простору, в якій безпосередньо відбувається горіння. Вона може обмежуватися огорожувальними конструкціями будівель, споруд, приміщень, стінками технологічного устаткування.

Зона теплового впливу – прилеглий до зони горіння простір, в якому проходить тепловий обмін між зоною горіння та навколишнім середовищем, конструкціями та матеріалами. Межі даної зони визначаються гранично допустимими значеннями теплових потоків і температур для людини, конструкцій та горючих матеріалів. Теплопередача в навколишнє середовище здійснюється способами конвекції, теплового випромінювання та теплопровідністю.

Зона задимлення – простір, суміжний з зоною горіння, в якому можливе розповсюдження продуктів горіння.

Зона токсичності – об'єм простору, заповнений димовими газами, що вміщують токсичні продукти горіння в концентраціях, небезпечних для життя та здоров'я людей.

Під час пожежі зони знаходяться в стані постійного динамічного переміщення та перекривають одна одну.

Відповідно до ДСТУ EN 2:2014 у повній відповідності до європейського першоджерела (EN 2:1992; EN 2:1992/A1:2004) встановлює класи пожеж залежно від матеріалу, що горить, і не передбачає визначення конкретного класу пожежі, що супроводжується горінням електрообладнання під напругою. **Зазначений стандарт передбачає поділ пожеж на такі класи:**

- А – що супроводжуються горінням твердих матеріалів, зазвичай органічного походження, під час горіння яких, як правило, утворюються тліючі вуглини;
- В – що супроводжуються горінням рідин або твердих речовин, які переходять у рідкий стан;
- С – що супроводжуються горінням газів;
- D – що супроводжуються горінням металів;

- F – що супроводжуються горінням речовин, які використовують для приготування їжі (рослинних і тваринних олій та жирів) і містяться в кухонних приладах.

3 Горіння твердих речовин та матеріалів

Під час горіння твердих речовин характерні наступні явища: полум'я, теплове випромінювання, розжарені матеріали.

Коли тверда речовина піддається впливу полум'я, його температура підвищується, що може викликати пожежу. **Ймовірність виникнення пожежі залежить** від таких факторів [10]:

- характеру твердої речовини, яка може бути горючою або негорючою;
- маси твердої речовини – зрозуміло, що невелика кількість матеріалу не здатна виділити достатню кількість теплоти згорання для розповсюдження пожежі;

- стану твердої речовини – легко запалити за допомогою сірника деревну стружку або окремі листки паперу, оскільки у цих матеріалів більша площа поверхні, відкритої для доступу повітря, і, отже, висока швидкість окиснення, тоді як для займання колоди або щільної пачки паперу треба потужніше джерело запалювання;

- спосіб, за допомогою якого запалюється тверда горюча речовина; якщо предмет з цієї речовини знаходиться над вогнем вертикально, він загориться швидше, ніж при горизонтальному розташуванні.

Не завжди для виникнення горіння необхідно, щоб горючі речовини вступали в безпосередній контакт з полум'ям або сильно нагрітими матеріалами. Усі джерела тепла випромінюють видимі та інфрачервоні промені, тобто електромагнітні хвилі. Коли ці хвилі зустрічають перешкоду (в нашому випадку – горючу речовину), вони передають йому свою енергію, яка перетворюється в тепло.

Отже, тіло, що опромінюється, нагрівається і, при недостатньому охолодженні, може досягти температури займання та загорітися. Відомо, що дрова, складені на невеликій відстані від печі, яка топиться протягом тривалого часу, можуть зайнятися та викликати пожежу [10].

Нагрітий до високої температури розжарений матеріал, чи то паливо (наприклад, кокс), чи негорючий матеріал (наприклад, розжарений до червоного кольору метал), спроможний викликати загорання при доторканні до горючого твердого тіла за умов, що його маса досить велика, щоб перешкодити надто швидкому охолодженню, і що саме горюче тіло знаходиться в стані, який забезпечує швидке окиснення (деревна стружка, тирса, нещільно складений папір тощо). В останньому прикладі достатньо бризок розплавленого металу від газового різачка. Тверда речовина, нагріта вище температури, при якій вона розжарюється (наприклад, провідник електричного струму при перевантаженні), здатна запалити матеріал, з яким вона знаходиться в контакті, якщо тепло не буде розсіюватися достатньо швидко.

Ознайомимося з особливостями горіння твердих речовин на прикладі найбільш поширеної речовини цього класу – деревини та її похідних.

Деревина використовується у виробництві фанери, деревностружкових та деревноволокнистих плит, целюлози, паперу, плівок, смоли, багатьох інших продуктів та виробів. Широке використання деревини має свою негативну сторону з точки зору підвищення рівня пожежної небезпеки місць її накопичення та використання. Деревина належить до групи горючих матеріалів, займання яких за певних умов можливе навіть від малокалорійного джерела запалювання.

Речовина, з якої складається деревина, являє собою складний комплекс, де 99% маси – це органічні з'єднання. Близько 75% органічних речовин деревини складають вуглеводи, головним чином целюлоза, яка виконує функцію основного структурного компонента кліткових стінок рослин [10].

Розглядаючи деревні породи як горючий матеріал, необхідно враховувати їх елементний склад, за яким вони відрізняються незначною мірою.

Деревина вміщує 49-50 % вуглецю, 43-44 % кисню, 6,0-6,5 % водню. Інші складові (азот та неорганічні елементи) – 0,1-0,3 %.

Таким чином, деревина має великий вміст кисню, який бере участь в процесі горіння разом з киснем повітря. Цим зумовлена здатність деревини до тління, а також деякі інші характеристики її пожежної небезпеки. Необхідно враховувати, що деревина – пористий матеріал, в якому об'єм порожнин, заповнених повітрям, перевищує об'єм твердої речовини. Наявність таких повітряних включень зумовлює відносно низьку теплопровідність деревини та пов'язані з цим займистість та повільне прогрівання внутрішніх шарів.

При нагріванні деревини змінюється її структура, фізичні та хімічні властивості. Характер змін залежить від режиму нагрівання, складу газового середовища та тиску. Термічні перетворення відбуваються за полімер аналогічними та макромолекулярними реакціями. Компоненти деревини у цьому стані реагують на термічні впливи інакше, ніж всередині мікроструктури. Взаємовплив компонентів під час нагрівання достатньо складний.

При швидкому підвищенні температури до 150 °С з деревини випаровується в основному волога (згадайте «шипіння» сирих дров, кинутих до багаття), потім починається її розкладання з виділенням летких горючих речовин. За температурою 160-170 °С відбувається як ендотермічна реакція часткового гідролізу, так і екзотермічні процеси ущільнення макромолекул.

При нагріванні целюлози (основного компонента деревини) до 250-280 °С її деструкція (руйнування) розвивається дуже повільно. Подальше підвищення температури призводить до різкого зростання швидкості розкладання, яка досягає максимуму в діапазоні 325-380 °С.

Можна виділити чотири стадії процесу піролізу целюлози [10]:

- молекулярна реакція, що призводить до дегідратації (зневоднення);
- розрив зв'язків С-О-С з розвитком деполімеризації та утворенням інших сполук, що визначаються як фракції смоли;
- розклад продуктів дегідратації до утворення вугілля та органічних летких продуктів;

- утворення оксидів вуглецю, води та водню.

4 Горіння рідин, газів та пилу

Рідини – речовини, тиск насичених парів яких при температурі 25 °С та тиску 101,3 кПа (1 атм) менше 101,3 кПа. До рідин належать також тверді плавкі речовини, температура плавлення або краплепадіння яких менше 50 °С.

Рідини, які горять, поділяють на **горючі** та **легкозайmistі**. Відповідно до міжнародних рекомендацій, до легкозайmistих належать всі горючі рідини, що мають температуру спалаху нижче 61 °С (при визначенні в лабораторних умовах у закритому тиглі) або 66 °С (у відкритому тиглі). Особливо небезпечними є легкозайmistі рідини з температурою спалаху не більше 28 °С [10].

Горіння рідин відбувається у газовій фазі та являє собою складний фізико-хімічний процес, що проходить при взаємному впливі кінетичних, теплових і гідродинамічних явищ. Як результат випаровування, над поверхнею рідини утворюється паровий потік, змішування та хімічна взаємодія якого з киснем повітря забезпечує формування зони горіння, тобто тонкого шару газів, що світиться, і в якій з поверхні рідини надходять горючі пари, а з повітря дифундує кисень. Стехіометрична суміш, що виникає, згоряє за частку секунди. Оскільки швидкість хімічного перетворення в зоні горіння в даному випадку залежить від швидкості надходження реагуючих компонентів до поверхні полум'я шляхом молекулярної та конвективної дифузії, процес горіння рідин називається **дифузійним горінням**. Схематично процес горіння рідини наведено на рис. 2.6.

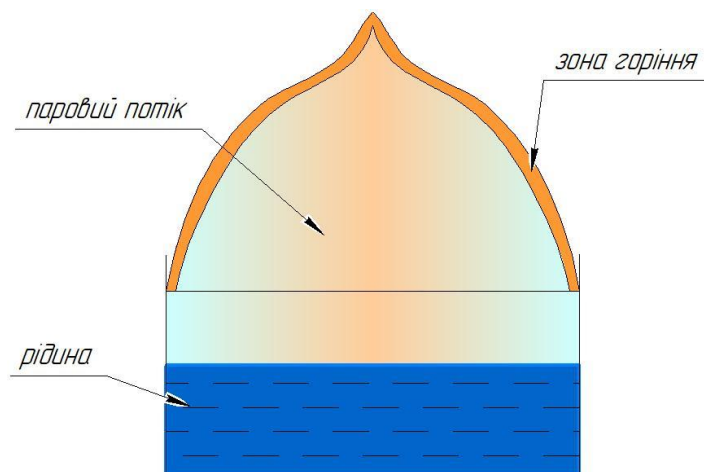


Рисунок 2.6 – Схема дифузійного горіння рідини

Розміри та форма полум'я рідин суттєво залежать від діаметра резервуара, в якому відбувається горіння. Зі збільшенням діаметра резервуара висота полум'я збільшується. Полум'я рідин у пальниках малого діаметра буде ламінарним, у резервуарах – турбулентним.

Стійкість полум'я над поверхнею рідини, що горить, забезпечується надходженням до нього з певною швидкістю горючих парів та кисню. Швидкість надходження пального, в свою чергу, залежить від тиску його парів над поверхнею рідини і отже, від її температури.

Кінетика процесу вигорання рідин характеризується швидкістю вигорання, яка не є фізико-хімічною константою, оскільки залежить від властивостей горючої рідини, діаметра резервуара та умов тепло- та масообміну в зоні горіння.

Гази – речовини, тиск насичених парів яких при температурі 25 °С та тиску 101,3 кПа перевищує 101,3 кПа.

Будь-яка суміш горючого газу з повітрям спалахує при контакті з розжареним тілом, та полум'я, що виникає, поширюється, якщо концентрація газу знаходиться в інтервалі між нижньою та верхньою концентраційними межами поширення полум'я. Швидкість поширення вогню залежить від природи горючого газу, температури навколишнього середовища і тиску та змінюється від 1 до 2000 м·с⁻¹. Саме цей фактор визначає швидкість розширення нагрітих газів, а отже, й збитки, які здатні спричинити пожежа або вибух [10].

Запалювання горючих газових сумішей може виникати при їх контакті з розжареними поверхнями з появою в середині суміші іскор різного походження або полум'я. Ініціювання горіння газової суміші в одній точці призводить до нагрівання ближче розташованих шарів, де починаються хімічні перетворення. Згорання таких шарів викликає за собою горіння наступних – і так до повного вигорання горючої суміші, яка таким чином згоряє пошарово. Зона горіння переміщується по суміші, забезпечуючи поширення полум'я.

Межа зони горіння в газовій фазі, де здійснюється хімічне перетворення та проходить інтенсивний розігрів газу, є фронтом полум'я. Попереду фронту полум'я, що поширюється, знаходиться свіжа суміш, а позаду – продукти горіння. Якщо свіжа суміш рухається назустріч фронту полум'я зі швидкістю, яка дорівнює швидкості поширення полум'я, полум'я буде нерухомим (наприклад, у газовому пальнику).

У процесі поширення полум'я тепло, що виділяється під час реакції, витрачається на нагрівання свіжої суміші та частково витрачається в навколишнє середовище. Якщо втрати тепла перевищать певне критичне значення, то виникне прогресивне зниження температури полум'я, а потім його загасання.

Коли гази згоряють у вільному об'ємі, продукти реакції безперешкодно розширюються й тиск залишається практично постійним. Згорання в замкненому об'ємі супроводжується підвищенням тиску.

Пил – дисперговані тверді речовини та матеріали з розміром частинок менше 850 мкм (0,85 мм).

Пил з горючих речовин, зважених у повітрі (газозавись), поводить себе значною мірою як газоповітряна суміш і теж здатний вибухати.

Процес горіння газозависі хімічних органічних речовин значною мірою визначається механізмом теплопередачі по фронту полум'я. В органічних системах теплопередача здійснюється, головним чином, шляхом кондуктивно-конвективного теплообміну. Домінуючим механізмом теплопередачі є теплопровідність по газу. На горіння газозависей впливає й гравітація, що проявляється в осіданні частинок під дією сил тяжіння. У загальному вигляді модель фронту полум'я має такий вигляд: із високотемпературної зони пилової хмари, що горить, під впливом теплового потоку частинки встигають

випаровуватися до спалахування; поширення фронту полум'я проходить по однорідній газоподібній суміші парів пального з повітрям; реакція взаємодії пального з окисником, що описується відомими з теплової теорії закономірностями, відбувається в кінетичній області.

Як результат руху фронту полум'я має місце часткове розсіювання свіжої суміші поблизу провідних точок полум'я. При цьому окисник (газова фаза) розсіюється в більшій мірі, ніж пальне (конденсована фаза), внаслідок чого фази отримують відносну швидкість й відповідно змінюється співвідношення пального з окисником у фронті полум'я. Підвищення концентрації пального супроводжується зростанням швидкості полум'я в даних зонах.

Горіння газозависей природних палив має свої особливості, оскільки тверді природні палива відрізняються від більшості інших хімічних речовин наявністю трьох компонентів: леткої частини, коксу та золи. Процеси займання й поширення полум'я для кожної з цих складових мають певні відмінності.

Летка частина складається з газоподібних компонентів, що виділяються під час нагрівання з палива без участі окисника. Кокс близький за складом до вуглецю, до того ж швидкість його горіння значно менша швидкості горіння леткої частки. Тому участь коксу в пилових вибухах природних палив незначна. Зола, що є мінеральною частиною палива, вміщує в собі ряд компонентів, здатних брати участь у горінні (пірити, колчедани, лужні метали), однак зола, в цілому, поводить себе як інертний матеріал [10].

Вибухи газозависей твердих палив належать до типових теплових вибухів. Фронт полум'я поширюється по зависі як результат передачі тепла від продуктів горіння в свіжу суміш. Процеси в газозависях природних палив, на відміну від горіння газових сумішей, ускладнюються через тривалість прогрівання частинок й можливість перебігу реакції окиснення як в кінетичній, так і в дифузійній області.

Характерною особливістю горіння пилоповітряних сумішей в реальних умовах є те, що первісно об'єм газозависі, що утворився, може викликати переведення до стану зависі (взмучування) відкладеного пилу та їх наступне вигорання. Цим пояснюється, що такі вибухи, як правило, розвивають великий тиск й супроводжуються сильними руйнуваннями.

5 Самозаймання

Цілий ряд матеріалів, особливо волокнистих, мають здатність довільно загорятися за відсутності зовнішнього джерела запалювання, тобто можуть самозайматися [10].

Самозаймання – це початок горіння у результаті само-ініційованих екзотермічних процесів.

Горіння здатне виникнути в купі твердого мінерального палива або органічного матеріалу, якщо має місце циркуляція повітря, достатня для сприяння окиснюванню, але недостатня для відводу тепла, що виділяється.

Залежно від первісної причини самозаймання розрізняють три його види: теплове, хімічне та мікробіологічне.

Теплове самозаймання виникає в масі матеріалів при їх помірному нагріванні ззовні. При цьому початок самонагрівання матеріалу пов'язаний зі збільшенням швидкості екзотермічного окиснення повітрям, що вміщується в його порах. Найбільш інтенсивне самонагрівання виникає в місці, де досягаються найкращі умови акумуляції тепла. Таким умовам відповідають глибинні шари матеріалів, найбільш віддалені від зовнішньої поверхні.

Для кращого розуміння процесу теплового самозаймання уявимо, що зразок твердого матеріалу поміщається в повітряний термостат, який встановлюється на різні задані температури. Температури, що досягаються під час цих випробувань за часом, наведені на рис. 2.7 [10].

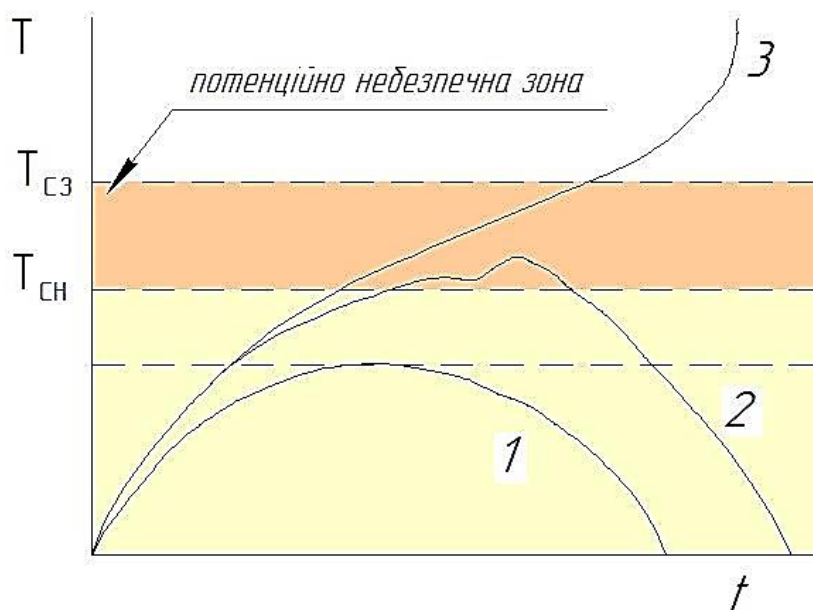


Рисунок 2.7 – Схема теплового самозаймання

У разі помірного нагрівання матеріал без змін стану буде досягати температури середовища в термостаті, а після відключення термостата матеріал повернеться в початковий стан (крива 1). При досягненні певної температури $T_{сн}$ (температура самонагрівання) в матеріалі починаються екзотермічні фізико-хімічні перетворення (розклад, окиснення тощо), і він починає самонагріватися. Залежно від умов акумуляції тепла самонагрівання може призвести або до досягнення рівноваги між тепловиділенням та теплом, що відводиться (і тоді після вичерпання здатних окиснюватися складових частин матеріалу, його температура зрівняється з температурою навколишнього середовища (крива 2)), або до досягнення певної температури $T_{сз}$ (температура самозаймання, починаючи з якої здійсниться спонтанне зростання швидкості реакції та обов'язково виникне горіння (крива 3)). Зона температур між $T_{сн}$ та $T_{сз}$ є потенційно небезпечною.

До типових прикладів теплового самозаймання належать випадки самозаймання теплової ізоляції опалювальних комунікацій та теплообмінних апаратів, яка виконана з мінераловатних плит, тирси тощо.

До **хімічного samozаймання** належать випадки, зумовлені екзотермічною взаємодією речовин. Наприклад, samozаймання може виникнути у разі розливання концентрованої азотної кислоти на деревні стружки або тирсу.

Широко відомі випадки samozаймання промашених матеріалів. Більшість мастил, в особливості рослинних, легко окиснюються. Кількість вивільнюваного тепла визначається площею поверхні, відкритої для доступу повітря. Вона відносно невелика у просто розлитого мастила. Якщо це мастило убирається обтиральним ганчір'ям або тирсою, площа поверхні значно збільшується, а тепловиділення при цьому зростає, оскільки матеріали, убрані мастилом, є поганими провідниками тепла. Тепло акумулюється, й нерідко за відносно короткий строк призводить до samozаймання.

До того ж класу samozаймистих хімічним способом речовин належать й так звані **пірофорні речовини**, що загоряються в контактi з повітрям, наприклад: тонкоподрібнений алюміній, тетрагідрид кремнію, сульфід заліза, деякі металоорганічні з'єднання тощо [10].

До **мікробіологічного samozаймання** належать випадки samozаймання матеріалів, які є живильним середовищем для так званих термофільних мікроорганізмів, що виділяють теплову енергію в процесі своєї життєдіяльності. За таким механізмом проходить samozаймання сіна, торфу та інших органічних матеріалів.

Природні органічні матеріали, в основному, є багатоконпонентними системами. Наприклад, сухе молоко містить більше ста компонентів. Не менше число компонентів міститься в сухих рослинах та багатьох інших природних матеріалах.

У процесі samozаймання відбувається велика кількість паралельних та послідовних хімічних реакцій. Дослідженнями встановлено, що в samozайманні деревних матеріалів, залежно від температурних режимів, основну роль відіграють екстраговані компоненти й клітковина. При samozайманні сухих зелених рослин, міхів, листя та хвої процес samozаймання визначається окисненням білків, що розчинюються, жирних кислот та цукрів. У вологому стані такі білки реагують з цукрами, що сприяє окисненню системи білок–цукор й знижує схильність до наступного samozаймання. Тому саме влежування скошеної трави протягом не менше «трьох рос» визначається необхідною умовою запобігання сіна від samozаймання.

Рослинні та деревні матеріали піддані процесу метаморфізму, що супроводжується змінами їх схильності до samozаймання, результатом якого є вуглефікація. Перша стадія метаморфізму утворює торф. Усі види торфу, незалежно від походження й умов утворення, здатні samozайматися. Найбільш схильним до samozаймання є низинний торф. У контактi з киснем торф окиснюється і його схильність до наступного samozаймання знижується.

Підвищену, порівняно з торфом, схильність до samozаймання має буре вугілля, в якому цей процес виникає частіше, ніж в інших видах копалин твердого палива. Свіжоутворена поверхня будь-якого вугілля має високу реакційну здатність, внаслідок чого подрібнене вугілля, а тим більше вугільний пил, дуже

схильні до самозаймання. Під час зберігання на повітрі відбувається окиснювання вуглецевої поверхні та знижується ймовірність подальшого самозаймання вугілля. Проте в результаті зволоження схильність окисненого вугілля до самозаймання повертається практично до вихідного стану.

У порівнянні з копалинами вугілля всі види технічного вуглецю (вуглецеві сажі) менш схильні до самозаймання. У той же час, маючи виключно високу дисперсність (питома геометрична поверхня близько $100 \text{ м}^2 \cdot \text{г}^{-1}$) та за наявності на поверхні частинок певної кількості активних центрів, сажі в умовах виробництва, транспортування та зберігання можуть самозайматися. Відповідальні за самозаймання активні центри мають різну природу. На поверхні пічних частинок сажі найбільш ймовірними активними центрами є вуглецеві атоми з ненасиченими й перенапруженими валентними зв'язками. Крім того, на поверхні частинок сажі, отриманої пічним способом, особливо антраценових канальних саж, можуть знаходитися вуглеводні, що не зреагували та мають такі ненасичені валентні зв'язки [10].

Суттєвий вплив на процес самозаймання органічних матеріалів має їх зволоження. Волога стимулює дію термофільних мікроорганізмів. Під дією ферментів активно окиснюються білки та цукри, розщепляються стійкі до окиснення крохмаль та клітковина. Мікроорганізми також продукують білки. Таким чином, під час життєдіяльності мікроорганізмів здійснюється не тільки ферментативний процес окиснення, але й виділяються продукти з нахилом до хімічного окиснення.

Як результат дії вологи різко активізується процес попереднього окиснення вугілля. Це викликано тим, що внаслідок окиснення енергія активації зростає, а під дією води – знижується. У присутності вологи стійкі до термічного розкладу лактонні групування трансформуються в карбоксили, які, в свою чергу, легко декарбоксилизуються з виділенням CO_2 та утворенням на вуглецевій поверхні ненасичених валентних зв'язків.

На випаровування вологи у процесі самозаймання витрачається теплова енергія. Вологий матеріал довільно нагрівається до температури близько $80 \text{ }^\circ\text{C}$, після чого спостерігається затримка, яка називається «пульсацією», а потім відбувається процес довільного охолодження, або процес стрибкоподібного самонагрівання, що викликає горіння.

6 Показники пожежовибухонебезпеки речовин і матеріалів

Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів – сукупність властивостей, що характеризують їхню здатність до виникнення і поширення горіння. Наслідком горіння, залежно від його швидкості та умов протікання, можуть бути пожежа або вибух.

Показники пожежовибухонебезпечності речовин і матеріалів визначають з метою отримання даних для розробки систем забезпечення пожежної безпеки і вибухобезпеки, державних будівельних норм, нормативних документів і нормативно-правових актів та оцінювання відповідності речовин і матеріалів.

Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів визначають показниками, вибір яких залежить від агрегатного стану речовини (матеріалу), та умов їхнього застосування.

Під час визначення пожежовибухонебезпечності речовин і матеріалів розрізняють: гази, рідини, тверді речовини та матеріали, пил.

Номенклатуру показників та їхнього застосування для характеристики пожежовибухонебезпечності речовин і матеріалів наведено в табл.2.2 відповідно до ДСТУ 8829:2019 (знаком «+» позначається застосування, знаком «-» незастосування показника) [12].

Група горючості – класифікаційна характеристика здатності речовин і матеріалів до горіння.

За горючістю речовини і матеріали поділяють на три групи:

- негорючі – речовини і матеріали, не здатні до горіння в повітрі. Негорючі речовини можуть бути пожежовибухонебезпечними (наприклад, окисники або речовини, що виділяють горючі продукти під час взаємодії з водою, киснем повітря чи один з одним);

- важкогорючі – речовини і матеріали, здатні горіти в повітрі під час дії джерела запалювання, але не здатні самостійно горіти після його видалення;

- горючі – речовини і матеріали, здатні самозайматися, а також займатися під час дії джерела запалювання і самостійно горіти після його видалення.

Горючі рідини з температурою спалаху не більше ніж 61 °С у закритому тиглі або 66 °С у відкритому тиглі, зафлегматизованих сумішей, що не мають спалаху в закритому тиглі, належать до **легкозаймистих**.

Особливо небезпечними називають легкозаймисті рідини з температурою спалаху не більше ніж 28 °С у закритому тиглі.

Горючі речовини і матеріали залежно від результатів випробувань поділяють на: важкозаймисті, середньої займистості, легкозаймисті.

Горючі будівельні матеріали поділяють на чотири групи горючості Г1, Г2, Г3, Г4 відповідно до табл. 2.3. Матеріали потрібно відносити до певної групи горючості за умови відповідності всіх значень параметрів, що встановлені табл. 5 для цієї групи. Для матеріалів груп горючості Г1-Г3 не допускається утворення краплин розплаву та/або фрагментів, що горять під час випробування. [12].

Температура спалаху – найменша температура конденсованої речовини, за якої в умовах спеціальних випробувань над її поверхнею утворюються випари, здатні спалахувати в повітрі від джерела запалювання, стійке горіння при цьому не виникає.

Спалах – швидке згоряння газопароповітряної суміші над поверхнею горючої речовини, що супроводжується короткочасним видимим світінням.

Температура займання – найменша температура речовини (матеріалу), за якої в умовах спеціальних випробувань речовина виділяє горючі випари і гази з такою швидкістю, що під час дії на них джерела запалювання спостерігається займання.

Таблиця 2.2 – Номенклатура та застосування показників пожежовибухонебезпеки речовин і матеріалів

№ з/п	Показник	Агрегатний стан речовин і матеріалів			
		гази	рідини	тверді	пил
1	Група горючості	+	+	+	+
2	Температура спалаху	—	+	—	—
3	Температура займання	—	+	+	+
4	Температура самозаймання	+	+	+	+
5	Концентраційні межі поширення полум'я (займання)	+	+	—	+
6	Температурні межі поширення полум'я (займання)	—	+	—	—
7	Температура тління	—	—	+	+
8	Умови теплового самозаймання	—	—	+	+
9	Мінімальна енергія запалювання	+	+	—	+
10	Кисневий індекс	—	—	+	—
11	Здатність вибухати і горіти при взаємодії з водою, киснем повітря та іншими речовинами	+	+	+	+
12	Нормальна швидкість поширення полум'я	+	+	—	—
13	Швидкість вигорання	—	+	—	—
14	Коефіцієнт димоутворення	—	—	+	—
15	Індекс поширення полум'я	—	—	+	—
16	Показник токсичності продуктів горіння полімерних, синтетичних та інших матеріалів	—	—	+	—
17	Група займистості			+	
18	Група поширення полум'я			+	
19	Мінімальний вибухонебезпечний вміст кисню	+	+	—	+
20	Мінімальна флегматизувальна концентрація флегматизатора	+	+	—	+
21	Максимальний тиск вибуху	+	+	—	+
22	Швидкість наростання тиску вибуху	+	+	—	+

Таблиця 2.3 – Групи горючості матеріалів

Група горючості матеріалів	Параметри горючості			
	Температура газоподібних продуктів горіння T_f , °C	Ступінь пошкодження за довжиною S_L , %	Ступінь пошкодження за масою S_m , %	Тривалість самостійного горіння t_f , c
Низької горючості (група Г1)	≤ 135	≤ 65	≤ 20	0
Помірної горючості (група Г2)	≤ 235	≤ 85	≤ 50	≤ 30
Середньої горючості (група Г3)	≤ 450	> 85	≤ 50	≤ 300
Підвищеної горючості (група Г4)	> 450	> 85	> 50	> 300

Займання – виникнення полуменевого горіння речовини (матеріалу), що ініційоване джерелом запалювання і триває після його видалення.

Температура самозаймання – найменша температура довкілля, за якої в умовах спеціальних випробувань спостерігається самозаймання речовини (матеріалу).

Нижня (верхня) концентраційна межа поширення полум'я – мінімальний (максимальний) вміст горючої речовини в однорідній суміші з окислювальним середовищем, під час якого можливе поширення полум'я по суміші на будь-яку відстань від джерела запалювання.

Температурні межі поширення полум'я – такі значення температури речовини, за яких його насичена пара утворює в окислювальному середовищі концентрації, рівні відповідно до нижньої (нижня температурна межа) та верхньої (верхня температурна межа) концентраційних меж поширення полум'я.

Температура тління – температура речовини (матеріалу), за якої відбувається різке збільшення швидкості екзотермічних реакцій окислення, що призводять до тління.

Тління – горіння без видимого світлового випромінювання. 6.8 Умови теплового самозаймання.

Умови теплового самозаймання – експериментально виявлена залежність між температурою довкілля, кількості речовини (матеріалу) і часом до моменту її самозаймання.

Самозаймання – різке збільшення швидкості екзотермічних процесів у речовині (матеріалі), що призводить до виникнення осередку горіння.

Мінімальна енергія запалювання – найменша енергія електричного розряду, здатна запалити найбільш легкозаймисту суміш горючої речовини з повітрям.

Кисневий індекс – мінімальний вміст кисню в киснево-азотній суміші, за якого можливе свічкоподібне горіння матеріалу в умовах спеціальних випробувань.

Здатність вибухати і горіти під час взаємодії з водою, киснем повітря та іншими речовинами – це якісний показник, що характеризує особливу пожежну небезпеку деяких речовин (матеріалів).

Нормальна швидкість поширення полум'я – швидкість переміщення фронту полум'я відносно газу, що не згорів, у напрямку, перпендикулярному до його поверхні.

Швидкість вигорання – кількість рідини, що згоряє за одиницю часу з одиниці площі. Швидкість вигорання характеризується інтенсивністю горіння рідини.

Коефіцієнт димоутворення – показник, що характеризує оптичну густину диму, що утворюється під час тління та полуменевого горіння певної кількості твердої речовини (матеріалу) в умовах спеціальних випробувань. Значення коефіцієнта димоутворення потрібно застосовувати для класифікації матеріалів

за димоутворювальною здатністю. Розрізняють такі три групи матеріалів, які наведено в табл. 2.4: Д1, Д2, Д3 [12].

Таблиця 2.4 – Групи за димоутворювальною здатністю матеріалу

Група за димоутворювальною здатністю матеріалу	Коефіцієнт димоутворення, $\text{м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$
З малою (низькою) димоутворювальною здатністю (група Д1)	до 50 включ.
З помірною димоутворювальною здатністю (група Д2)	більше ніж 50 до 500 включ.
З високою димоутворювальною здатністю (група Д3)	більше ніж 500

Індекс поширення полум'я – умовний безрозмірний показник, що характеризує здатність речовин (матеріалів) займатися, поширювати полум'я по поверхні та виділяти тепло. 6.15.2 Значення індексу поширення полум'я потрібно застосовувати для класифікації матеріалів. Розрізняють такі три групи матеріалів, які наведено в табл.2.5: І1, І2, І3.

Таблиця 2.5 – Групи за індексом поширення полум'я матеріалу

Група за індексом поширення полум'я матеріалу	Індекс поширення полум'я
Не поширюють полум'я по поверхні (група І1)	0
Повільно поширюють полум'я по поверхні (група І2)	більше 0 до 20 включ.
Швидко поширюють полум'я по поверхні (група І3)	більше ніж 20

Показник токсичності продуктів горіння – відношення кількості матеріалу до одиниці об'єму замкнутого простору, в якому газоподібні продукти, які утворюються під час горіння матеріалу, спричиняють загибель 50 % піддослідних тварин.

Значення токсичності продуктів горіння матеріалів потрібно застосовувати для класифікації матеріалів. Розрізняють такі чотири групи матеріалів, які наведено в табл. 2.6: Т1, Т2, Т3, Т4.

Група займистості – класифікаційна характеристика здатності речовин і матеріалів до спалахування.

Спалахування – початок полуменевого горіння під дією джерела запалювання під час стандартного випробування, що характеризується стійким полуменевим горінням.

Горючі будівельні матеріали залежно від критичної поверхневої щільності теплового потоку (КПЩТП) поділяють на три групи, які наведено в табл. 2.7 [12].

Група поширення полум'я – класифікаційна характеристика здатності речовин і матеріалів поширювати полум'я по поверхні.

Поширення полум'я – поширення полуменевого горіння по поверхні внаслідок впливу променистого теплового потоку та полум'я.

Горючі будівельні матеріали залежно від критичної поверхневої щільності теплового потоку (КПЩТП) поділяють на чотири групи, які наведено в табл. 2.8 [12].

Мінімальна флегматизувальна концентрація флегматизатора – найменша об'ємна концентрація певного флегматизатора, достатня для флегматизування газових сумішей певної горючої речовини з певним окисником

за будь-якого співвідношення цих двох компонентів в умовах спеціальних випробувань.

Таблиця 2.6 – Класи небезпеки матеріалів за показниками токсичності

Клас небезпеки	H_{CL50} , г/м ³ , за час експозиції, хв			
	5	15	30	60
Надзвичайно небезпечні (група Т4)	До 25	До 17	До 13	До 10
Високонебезпечні (група Т3)	25—70	17—50	13—40	10—30
Помірнонебезпечні (група Т2)	70—210	50—150	40—120	30—90
Малонебезпечні (група Т1)	Більше ніж 210	Більше ніж 150	Більше ніж 120	Більше ніж 90

Таблиця 2.7 – Групи займистості матеріалу

Група займистості матеріалу	КПЦТП, кВт/м ²
Важкозаймисті (група В1)	$35 \leq \text{КПЦТП}$
Помірнозаймисті (група В2)	$20 \leq \text{КПЦТП} < 35$
Легкозаймисті (група В3)	$\text{КПЦТП} < 20$

Таблиця 2.8 – Групи поширення полум'я

Група поширення полум'я	КПЦТП, кВт/м ²
Не поширюють полум'я (група РП1)	11,0 та більше
Локально поширюють полум'я (група РП2)	від 8,0, але менше ніж 11,0
Помірно поширюють полум'я (група РП3)	від 5,0, але менше ніж 8,0
Значно поширюють полум'я (група РП4)	менше ніж 5,0

Мінімальний вибухонебезпечний вміст кисню – це така концентрація кисню в горючій суміші, що складається з горючої речовини, повітря і флегматизатора, менше якої поширення полум'я в суміші стає неможливим за будь-якої концентрації пального в суміші, розбавленій цим флегматизатором.

Максимальний тиск вибуху – найбільший надмірний тиск, що виникає під час детонаційного згоряння газо-, паро- або пилоповітряної суміші в замкненій посудині за початкового тиску суміші 101,3 кПа.

Швидкість наростання тиску вибуху – похідна тиску вибуху за часом на висхідній ділянці залежності тиску вибуху горючої суміші в замкненій посудині від часу.

Питання до самоконтролю:

1. Наведіть основні умови виникнення процесу горіння.
2. Назвіть етапи розвитку пожежі у звичайних умовах.
3. Наведіть класи пожеж залежно від матеріалу що горить.
4. Які є особливості горіння твердих речовин?
5. Чому процес горіння рідин називається дифузійним горінням?

6. Що таке нижній та верхній концентраційні межі поширення полум'я горючого газу?
7. Наведіть особливості горіння пилоповітряних сумішей.
8. Назвіть види самозаймання. Що може бути причиною самозаймання?
9. Для чого необхідно визначати показники пожежовибухонебезпечності речовин і матеріалів?
10. Наведіть групи горючих матеріалів і речовин.

ТЕМА 3. МЕТОДИКА АНАЛІЗУ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ

Мета вивчення теми

Ознайомитися з основними видами джерел запалювання та їхньою характеристикою, розглянути умови перетворення електричної, механічної та хімічної енергій в теплову, попереджувати пожежонебезпеку під час виробничої діяльності, засвоїти методику проведення аналізу пожежної небезпеки об'єкта.

План

1. Характеристика джерел запалювання за їхньою здатністю до займання.
2. Відкритий вогонь, розжарені продукти горіння та нагріті поверхні Горіння твердих речовин та матеріалів.
3. Теплові прояви електричної енергії.
4. Теплові прояви механічної та хімічної енергії.
5. Методика проведення аналізу пожежної небезпеки.

Основні терміни

Пожежовибухонебезпечні події, джерело запалювання, нагрівання горючих речовин, апарати вогневої дії, газоподібні продукти горіння, коротке замикання, замикання на землю, перевантаження, перехідний опір, розряди статичної електрики, блискавка, електричні іскри, лампи розжарювання, протипожежний режим.

1 Характеристика джерел запалювання за їхньою здатністю до займання

Для виникнення горіння необхідно мати в наявності три основні компоненти: горючу речовину, окисник й джерело запалювання. Горюча речовина разом з окисником, яким здебільшого є кисень повітря, утворюють горюче середовище. Отже, **запобігання пожежі досягається:**

- попередженням утворення горючого середовища;
- попередженням утворення в горючому середовищі або внесення до нього джерел запалювання.

Ймовірність виникнення пожежі (вибуху) в пожежонебезпечному об'єкті визначають на етапах його проєктування, будівництва й експлуатації. Для оцінки ймовірності виникнення пожежі (вибуху) на діючих підприємствах або об'єктах,

що будуються, будівлях, спорудах необхідно мати статистичні дані про час існування різних **пожежовибухонебезпечних подій**, тобто таких подій, реалізація яких призводить до утворення горючого середовища й виникнення джерела запалювання [10].

Ймовірність виникнення пожежі (вибуху) в об'єктах, що проектуються, визначають на підставі показників надійності елементів об'єкта (складових частин), що дозволяє розрахувати ймовірність різних ситуацій у виробничому устаткуванні, системах контролю й керування, а також в інших пристроях, що складають об'єкт, які призводять до реалізації пожежовибухонебезпечних подій.

Під **пожежною небезпекою** слід розуміти можливість виникнення та (або) розвитку пожежі.

Аналіз пожежної небезпеки полягає у визначенні наявності горючих речовин і можливих джерел запалювання, ймовірних шляхів розповсюдження пожежі й необхідних засобів пожежогасіння.

Джерело запалювання – об'єкт, який виділяє теплову енергію, достатню для запалювання.

За природою походження джерела запалювання класифіковані наступним чином [13]:

- відкритий вогонь, розпечені продукти горіння і нагріті ними поверхні;
- теплові прояви механічної енергії;
- теплові прояви електричної енергії;
- теплові прояви хімічних реакцій (із цієї групи в самостійну групу виділені відкритий вогонь і продукти горіння).

Види та характеристика джерел запалювання за їхньою здатністю до займання наведена в табл.3.1 [10].

Таблиця 3.1 – Характеристика джерел запалювання за їхньою здатністю до займання

Вид теплового впливу (дії)	Реальне джерело запалювання	Потужність джерела запалювання, Вт			Площа, см ²			Тривалість впливу (дії), с (хв)		
		менше 20	20-500	більше 500	менше 1	1-50	більше 50	менше 5 с	від 5 с до 5 хв	більше 5 хв
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Пління	Сигарета	+			+					+
	Головня	+			+	+	+			+
	Вугілля, шлак	+			+	+	+			+
Відкрите полум'я	Свічка		+			+		+	+	+
	Сірник		+			+		+	+	
	Запальничка		+			+		+		
	Факел		+	+		+	+		+	
	Пальник		+	+		+	+		+	
	Паяльна лампа		+	+		+	+		+	
	Багаття			+			+			+
Вогневий реактор			+			+			+	
Іскра	Іскра термічна	+			+			+		

	Іскра електрична	+				+			+	
	Іскра фрикційна	+				+			+	
Термічне нагрівання поверхні	Піч		+	+				+		+
	Сушильня		+	+				+		+
	Масляний радіатор		+	+			+			+
	Розігрівання від гертя	+					+			+
Електричне нагрівання поверхні	Коротке замикання	+					+		+	
	Перевантаження мережі	+	+			+	+			+
	Перехідні опори в мережах	+	+			+	+			+
	Поганий контакт у проводах	+	+			+				+
	Струм витoku	+	+	+		+				+
	Електронагрівальний прилад		+	+			+	+		+
	Електромагнітне поле	+				+	+	+		+
	Розжарена частинка	+				+			+	
	Освітлювальний прилад	+	+	+		+			+	
	Розплавлений метал			+	+			+		+
	Піч електрична		+	+				+		+
Інші	Нагрітий газ		+	+				+		+
	Сонячні промені	+				+			+	+
	Лазер			+	+				+	+
	Розряд атмосферної електрики			+	+				+	
	Газовий розряд	+	+	+		+			+	
	Самозаймання	+	+			+	+	+		+

Отже, джерелом запалювання може бути таке нагріте тіло (у випадку примусового запалювання) чи такий екзотермічний процес (при самозайманні), які здатні нагріти деякий об'єм горючої суміші до визначеної температури, коли швидкість тепловиділення (за рахунок реакції горючої суміші) дорівнює чи перевищує швидкість тепловідводу із зони реакції. При цьому потужність та тривалість теплового впливу джерела повинні забезпечувати підтримання критичних умов протягом часу, необхідного для розвинення реакції з формуванням фронту полум'я, здатного до подальшого самостійного поширення [10].

2 Відкритий вогонь, розжарені продукти горіння та нагріті поверхні

Пожежі, викликані відкритим вогнем, достатньо часте явище. Це пояснюється не тільки тим, що відкритий вогонь широко використовують для виробничих цілей, при аварійних і ремонтних роботах, і тому нерідко створюються умови для випадкового контакту полум'я з горючим середовищем, але і тим, що температура полум'я, а також кількість тепла, що виділяється при цьому, достатні для запалювання майже всіх горючих речовин [14].

На промислових підприємствах у багатьох випадках відкритий вогонь застосовується згідно з умовами технологічного процесу: вогневі печі та топки, факели для спалювання газів, паяльні лампи, газові різачки та інше. Слід особливо зазначити, що відкритий вогонь має достатню температуру та запас теплової енергії, які спроможні викликати горіння усіх видів горючих речовин і матеріалів. Тому головним захистом від даних джерел запалювання є ізоляція від можливого зіткнення з ними горючих речовин.

Пожежонебезпечні параметри деяких видів полум'я та малокалорійних джерел тепла наведені в табл. 3.2 [10].

Таблиця 3.2 – Температурні й часові характеристики деяких видів полум'я та малокалорійних теплових джерел

Найменування речовини (виробу), що горить, або пожежонебезпечної операції	Температура полум'я (тління або нагріву), °С	Тривалість горіння (тління), хв
Легкозаймисті й горючі рідини	380	-
Деревина та лісопиломатеріали	1000	-
Природні та зріджені гази	1200	-
Газове зварювання металу	3150	-
Газове різання металу	1350	-
Тліюча цигарка	320 - 410	2 - 2,5
Тліюча сигарета	420 - 460	26 - 30
Сірник, що горить	620 - 640	0,33

Технологічні процеси, швидкість проходження яких визначається швидкістю підведення чи відведення тепла, називаються тепловими процесами, апарати, які при цьому використовуються, - теплообмінними. До теплових процесів слід відносити: нагрівання, охолодження, випаровування та конденсацію. Перші два процеси відбуваються без зміни агрегатного стану речовин, два інших - зі зміною агрегатного стану.

Застосування теплових явищ у своїй більшості супроводжується хімічними перетвореннями та фізичними змінами речовин. Прискорення багатьох хімічних реакцій здійснюється шляхом нагрівання реагуючих речовин. Нагрівання здійснюється в процесах пререганяння, випаровування, плавлення, зменшення в'язкості, ректифікації, сушіння.

У теплових процесах взаємодіють не менше двох середовищ (з різними температурами), які називають теплоносіями. Більш нагріте середовище іменують гарячим теплоносієм, або нагрівальним агентом, а менш нагріте середовище - холодним теплоносієм чи охолоджувальним агентом.

Теплоносії, що застосовуються для нагрівання, можна розділити таким

чином [10]:

- безпосередні теплові джерела (полум'я, топкові гази, електричний струм);
- проміжні теплоносії (водяна пара, гаряча вода, нагріте повітря);
- високотемпературні теплоносії (органічні рідини, розплавлені солі, рідкі метали, мінеральні масла тощо);
- нагріті продукти виробництва, які відводяться з апаратів з достатньо високою температурою.

З метою охолодження речовин до температури 10-30 °С найчастіше використовують воду та повітря як найдоступніші та дешеві охолоджувальні агенти. Охолодження до більш низьких температур проводиться шляхом застосування льоду та спеціальних холодильних агентів, які являють собою пари низькокиплячих рідин, зріджені гази та холодильні розсоли. Багато з охолоджувальних агентів є горючими речовинами, що характеризуються пожежонебезпечністю.

При визначенні пожежної небезпеки технологічних процесів нагрівання горючих речовин обов'язково необхідно враховувати:

- пожежовибухонебезпечні властивості речовин, які піддаються нагріванню;
- величину їхньої робочої температури;
- спосіб нагрівання.

Нагрівання горючих речовин здійснюється головним чином водяною парою, гарячими продуктами виробництва, полум'ям та топковими газами, високотемпературними теплоносіями.

До **апаратів вогневої дії** слід віднести факельні установки для спалювання газових викидів. Недоліки в проектуванні та конструкції факельних установок можуть призвести до теплового впливу факелу полум'я на розташовані поблизу будівлі, споруди та апарати з горючими газами і рідинами, а також до розповсюдження газу на прилеглі території при раптовому згасанні полум'я. Загальнозаводські та загально цехові факели є менш небезпечними, ніж розташовані безпосередньо на апаратах, бо мають більшу висоту вертикального ствола та розміщені на значній відстані від вибухо- та пожежонебезпечних будівель та споруд. Слід відзначити, що побічні продукти та відходи виробництва вигідніше утилізувати, ніж спалювати у факельному устаткуванні.

Газоподібні продукти горіння, які виникають при горінні твердих, рідких та газоподібних речовин і мають велику температуру 800-1200 °С, здатні нагріти поверхню стінок апаратів вище за температуру самозаймання речовин, що обертаються у виробництві, а це може призвести до виникнення пожежі. Особливо це стосується металевих вихлопних труб топків та двигунів внутрішнього згорання.

Значну пожежну небезпеку становить вихід нагрітих газів через зіпсовані і кладки топків, димових каналів та при проходженні вихлопних труб двигунів внутрішнього згорання. Максимально допустима температура поверхні труб (кожухів) не повинна перевищувати 80 % температури самозаймання горючих

речовин, що використовуються у виробництві.

Джерелом запалювання є також іскри, які виникають у топках та при роботі двигунів. Вони являють собою розжарені частинки пального або окалини у газовому потоці, які виникають внаслідок неповного згоряння чи механічного винесення горючих речовин та продуктів корозії. Температура такої частинки досить висока, але запас теплової енергії є невеликим, тому що іскра має малу масу. Іскри здатні запалити тільки речовини, які достатньо підготовлені для горіння. До таких речовин належать газо- та пароповітряні суміші, осілий пил, волокнисті матеріали [10].

Пожежна небезпека іскор пічних труб, котелень, труб тепловозів, інших машин, багать значною мірою визначається їх розміром й температурою. Встановлено, що іскра діаметром 2 мм пожежонебезпечна, якщо має температуру близько 1000 °С, діаметром 3 мм - 800 °С, діаметром 5 мм - 600 °С.

Іскри середніх розмірів 3,5 мм охолоджуються до пожежобезпечного стану протягом 5 с.

Топки можуть «іскрити» при конструктивних недоліках: у разі застосування не того сорту палива, на яке розрахована піч; неповного згоряння палива, коли подача повітря недостатня або подача палива є надмірною; недостатнього розпилення рідкого пального, а також при порушенні строків очищення печей.

Іскри та нагар при роботі дизельних та карбюраторних двигунів виникають через неправильне регулювання системи подавання пального й електрозапалювання; при тривалій роботі двигуна з перевантаженнями; коли пальне забруднене змащувальними мастилами.

До джерел відкритого вогню належить і полум'я сірників, необережне поводження з якими може призвести до пожежі.

Багато речовин можуть займатися від таких «малокалорійних» джерел запалювання, як тліючі недопалки. Контакт незагашеного недопалка з твердими та волокнистими речовинами або пилом призводить до утворення осередку тління, який при достатньому доступі повітря та за умов, які сприяють акумуляції тепла, що виділяється, викликає процес горіння.

Тліюча сигарета за наявності оптимальних умов запалює стружки й деревину через 1-1,5 та 2-3 год (полум'я з'являється, коли температура досягає 450-500 °С); паперові відходи, сіно, соломі – через 0,25-1 год (залежно від їх щільності); бавовняні тканини – через 0,5-1 год (залежно від об'ємної маси тканини).

3 Теплові прояви електричної енергії

Значна кількість пожеж виникає внаслідок несправностей та порушень правил експлуатації електротехнічних, електронагрівальних приладів, пристроїв та устаткування. Серед теплових проявів електричної енергії найбільш поширеними та небезпечними є коротке замикання в електричних мережах,

струмові перевантаження проводів та електричних машин, великий перехідний опір, розряди статичної та атмосферної електрики, електричні іскри.

Коротке замикання – це такий аварійний режим в електроустаткуванні, коли через досить малий опір виникає з'єднання різнополярних провідників, що перебувають під напругою.

При короткому замиканні у місцях з'єднання проводів опір практично дорівнює нулю, внаслідок чого величина струму в провідниках і струмопровідних частинах апаратів й машин досягає дуже великих значень, у багато разів більших за номінальні значення для різноманітних марок проводів, кабелів, струмопровідних частин машин, апаратів й може досягати сотень і навіть тисяч ампер. У таких випадках можливий не тільки перегрів, але й займання ізоляції, розплавлення струмопровідних частин, жил кабелів та проводів. Температура електричної дуги в зоні короткого замикання становить 2000-4000 °С.

Розрізняють наступні **види короткого замикання** [10]:

- різнополюсне – з'єднуються різнополюсні провідники (позитивний та негативний провідники, або позитивний провідник та провідник середньої точки, або негативний провідник та провідник середньої точки) в електричних мережах постійного струму;
- однофазне – один лінійний (фазний) провідник з'єднується з нейтральним провідником в електричних мережах змінного струму;
- двофазне – один лінійний (фазний) провідник з'єднується з іншим лінійним (фазним) провідником в електричних мережах змінного струму;
- трифазне – три лінійних (фазних) провідники з'єднуються між собою в електричних мережах змінного струму;
- складне – замикання відбуваються в різних точках мережі.

З'єднання лінійного (фазного) провідника із землею в системах з нейтральним провідником, ізольованим від землі, не є коротким замиканням, а називається **замиканням на землю**.

Основна причина виникнення короткого замикання– порушення ізоляції провідників.

Температура провідника, що нагрівається струмом короткого замикання, розраховується за формулою:

$$t_{\text{пр}} = t_{\text{п}} + \frac{I_{\text{к.з.}}^2 \cdot R \cdot \tau_{\text{к.з.}}}{C_{\text{пр}} \cdot m_{\text{пр}}} \quad (3.1)$$

- де $t_{\text{п}}$ – початкова температура провідника, °С;
 $I_{\text{к.з.}}$ – сила струму короткого замикання, А;
 R – опір провідника, Ом;
 $\tau_{\text{к.з.}}$ – час дії струму короткого замикання, с;
 $C_{\text{пр}}$ – теплоємність провідника, Дж·кг⁻¹·К⁻¹;
 $m_{\text{пр}}$ – маса провідника, кг.

Можливість займання кабелю або проводу з ізоляцією залежить від значення кратності струму короткого замикання $I_{кз}$, тобто від значення відношення $I_{кз}$ до довгостроково припустимого струму кабелю або проводу. Якщо ця кратність більше 2,5, але менше 18 для кабелю та 21 для проводу, то, як правило, відбувається займання ізоляції.

Коротке замикання, дія якого не обмежена в часі, призводить до розплавлення провідників та виникнення іскор та дуг [10].

Профілактика виникнення короткого замикання здійснюється у двох напрямках: недопущення виникнення короткого замикання та обмеження часу дії небезпечних струмів короткого замикання.

Заходи щодо попередження виникнення короткого замикання: правильний вибір, монтаж і експлуатація електроустановок; проведення планово-попереджувальних оглядів і випробувань (зокрема – вимір опору ізоляції).

Для обмеження часу дії небезпечних струмів короткого замикання в електричних мережах установлюють апарати захисту, що вимикають електроустановку раніше, ніж станеться займання ізоляції або розплавлення струмовідних жил. З цією метою застосовуються плавкі запобіжники й автоматичні вимикачі з максимальними розчіплювачами струму короткого замикання. У разі несвоєчасного спрацювання апаратів захисту при КЗ відбувається надмірне нагрівання жил кабельних виробів по всій їх довжині, внаслідок чого може утворитись осередок пожежі зі значною протяжністю або декілька осередків пожежі.

Перевантаження – це такий аварійний режим, за якого у провідниках електричних мереж виникає струм, що тривалий час перевищує нормативне значення. Основними причинами перевантаження є ввімкнення в електричну мережу споживачів підвищеної потужності, а також невідповідність площі поперечного перерізу жил проводів робочим струмам.

У процесі експлуатації електричних мереж, машин та апаратів частина електричної енергії перетворюється у теплову. При цьому кількість останньої буде тим більшою, чим більші величина та час протікання струму, а також опір електричного ланцюга. Нагрівання завдяки виділенню теплової енергії струмопровідними частинами електричних пристроїв та жил проводів і кабелів негативно відбивається на режимі їх роботи, особливо якщо при цьому не забезпечується відведення тепла.

При підвищенні температури у металах струмопровідних жил прискорюються процеси окиснення. Виникаючі при цьому оксиди мають значно більший опір, ніж чисті метали. При появі оксиду у місцях з'єднання проводів опір контакту збільшується, що викликає підвищення тепловиділення. Під час зростання температури це може призвести до повного зруйнування контакту.

Ще небезпечнішим є перегрівання проводів, які мають горючу ізоляцію. Перегрівання проводів значно прискорює процес старіння ізоляції. Наприклад, строк служби ізоляції електродвигунів при температурі 100 °С складає 10-15 років, а підвищення температури до 150 °С скорочує цей строк до декількох місяців. Старіння ізоляції супроводжується зміною її захисних та механічних

якостей. Вона стає крихкою, здатною ламатися та тріскатися, що може призвести до її пробою чи оголення проводів. Коли ізоляція горюча, може виникнути пожежа, а у вибухонебезпечному середовищі статися вибух.

Температуру нагрівання жили електропроводу при виникненні перевантаження $t_{ж}$, °С, розраховують за формулою [10]:

$$t_{ж} = t_{сер.н} + \left(\frac{I_{ф}}{I_{доп}} \right)^2 \cdot (t_{ж.н} - t_{сер.н}) \quad (3.2)$$

де $t_{сер.н}$ – нормативна температура середовища для прокладання проводу, приймається відповідно до Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів, ДНАОП 0.00-1.21-98, °С;

$I_{ф}$ – фактичний струм у провіднику, А;

$t_{ж.н}$ – нормативна температура жили електропроводу, °С;

$I_{доп}$ – допустимий струм у провіднику, А.

Перехідний опір – опір, що є в місцях переходу струму з одного контакту на інший. Величина перехідного опору залежить від площини контакту, чистоти контактної поверхні та наявності плівки оксиду металу провідника, яка має відносно великий опір [10].

Причиною пожежі може стати перехідний опір, який виникає в місцях з'єднання проводів, електричних контактів машин, апаратів тощо. В цих місцях виділяється значна кількість тепла, здатна призвести до загоряння ізоляції, а також горючих речовин, що знаходяться поруч.

Перехідний опір буде меншим при збільшенні точок стикування контактів, тобто при обробці контактних поверхонь наждачним папером, при плоскій формі контактів, використанні щіток тощо. Саме тому для контактів слід використовувати м'які метали такі як срібло, мідь, алюміній.

З'єднання електричних проводів слід здійснювати встановленими ПУЕ [15] способами: зварюванням, паянням, опресуванням, за допомогою гвинтових та болтових з'єднань, але в ніякому разі не можна здійснювати з'єднання в так звану «скрутку».

Розряди статичної електрики виникають при деформації, подрібненні (розбризуванні) речовин, відносному переміщенні двох тіл, що знаходяться в контакті, шарів рідких та сипких матеріалів, при інтенсивному перемішуванні, кристалізації, випаровуванні речовин.

Можливість накопичення небезпечної кількості статичної електрики визначається як інтенсивністю виникнення, так і умовами стікання зарядів.

Інтенсивність виникнення зарядів у технологічному устаткуванні визначається фізико-хімічними властивостями речовин, що переробляються, та матеріалів, з яких виготовлено устаткування, а також параметрами технологічного процесу.

Процес стікання зарядів визначається, головним чином, електричними властивостями речовин, що переробляються, навколишнім середовищем й матеріалами устаткування.

Іскрові розряди статичної електрики здатні запалити паро-, газо- та пилоповітряні суміші. Енергію іскри (W_i), Дж, яка здатна виникнути під дією напруги між пластиною й будь-яким заземленим предметом, обраховують за енергією, що запасена, за наступною формулою [10]:

$$W_i = 0,5 \cdot C \cdot U^2 \quad (3.3)$$

де C – ємність конденсатора, Ф;
 U – напруга, В.

Різницю потенціалів між зарядженим тілом та землею вимірюють електрометрами в реальних умовах виробництва.

Умовою електростатичної безпеки об'єкта є виконання співвідношення:

$$W \leq k \cdot W_{min} \quad (3.4)$$

де W – максимальна енергія розрядів, які можуть виникнути всередині об'єкта або з його поверхні, Дж;

k – коефіцієнт безпеки, що вибирається за умов допустимої (безпечної) ймовірності запалювання; у випадках неможливості визначення ймовірності запалювання приймають рівним 0,4;

W_{min} – мінімальна енергія запалювання речовин і матеріалів.

Ступінь електризації поверхні речовини вважається безпечним, якщо виміряне максимальне значення поверхневої густини заряду, напруженості поля або потенціалу на будь-якій ділянці цієї поверхні не перевищує гранично допустимого значення для даної зарядженої речовини, навколишнього середовища й середовища, що може проникнути до об'єкта.

При заданих тиску й температурі гранично допустимим вважається таке максимальне значення густини заряду, напруженості поля або потенціалу, при яких ще виконується умова електростатичної іскробезпеки.

Реальну небезпеку являє «контактна» електризація людей, що працюють з рухомими діелектричними матеріалами. При доторканні людини до заземленого предмета можуть виникнути іскри з енергією від 2,5 до 7,5 МДж.

Накопиченню високих потенціалів статичної електрики й формуванню іскрових розрядів сприяє відсутність або неефективність спеціальних заходів до захисту від статичної електрики, створення електроізоляційного шару відкладень на поверхні заземлення, порушення режиму роботи апаратів.

Блискавка – це електричний розряд в атмосфері між зарядженою хмарою та землею (будівлями та спорудами) або між різнойменно зарядженими частинами хмари. Можливі також розряди між сусідніми хмарами. Довжина каналу блискавки може досягати декількох кілометрів [10].

Температура в каналі блискавки досягає 30000 °С при силі струму 200000 А та часу дії близько 100 мкс.

Блискавка може уражати будівлі та устаткування безпосередньо. Таке явище має назву прямого удару або безпосереднього впливу.

При прямому ударі блискавки можуть виникати пожежі, вибухи, механічні руйнування, перенапруга на проводах електричних мереж. Блискавка, а точніше її канал, має високу температуру й запас теплової енергії, які здатні нагріти горюче середовище до температури займання.

Особливо небезпечні прямі удари блискавки для будівель та надвірного устаткування, де може створюватися вибухонебезпечне середовище.

Блискавка може проплавляти металеві поверхні, перегрівати внутрішні стінки надвірного вибухонебезпечного устаткування або запалювати вибухонебезпечні суміші парів та газів, що виділяються через дихальні та запобіжні клапани тощо. До такого устаткування належать металеві та залізобетонні резервуари для зберігання нафтопродуктів, газгольдери та резервуари зі зрідженими горючими газами, більшість апаратів надвірного технологічного устаткування нафтопереробних, хімічних та інших об'єктів.

Середня тривалість грозової діяльності за рік в Україні складає від 40 до 100 год [10].

Небезпека вторинної дії блискавки полягає в іскрових розрядах, що виникають як результат індукційної та електромагнітної дії атмосферної електрики на виробниче устаткування, трубопроводи й будівельні конструкції. Енергія іскрового розряду перевищує 250 МДж та достатня для займання горючих речовин з мінімальною енергією запалювання до 0,25 Дж.

Занесення високого потенціалу в будівлю відбувається по металевих комунікаціях не тільки при їх прямому ураженні блискавкою, але й при розташуванні комунікацій в безпосередній близькості від блискавковідводу. При недотриманні безпечних відстаней між блискавковідводами та комунікаціями енергія можливих електричних іскрових розрядів досягає значень 100 Дж та більше, тобто достатня для займання горючих речовин.

Електричні іскри (краплі металу) утворюються при короткому замиканні електропроводки, електрозварюванні та при плавленні ниток розжарювання електричних ламп загального призначення. Розмір крапель металу при цьому досягає 3 мм (при стельовому зварюванні – 4 мм). При короткому замиканні й електрозварюванні частинки вилітають у всіх напрямках, їх швидкість не перевищує 10 та 4 м·с⁻¹ відповідно. Температура крапель залежить від виду металу й дорівнює температурі плавлення. Температура крапель алюмінію при короткому замиканні – 2500 °С, температура зварних частинок й нікелевих частинок ламп розжарювання досягає 2100 °С. Розмір крапель при різці металу досягає 15-26 мм, швидкість – 1 м·с⁻¹, температура – 1500 °С. Температура дуги при зварюванні й різці досягає 4000 °С; природно, що дуга є джерелом запалювання всіх горючих речовин.

Зона розлітання частинок при короткому замиканні залежить від висоти розміщення дроту, кута вилітання й носить ймовірнісний характер. При висоті

розташування дроту 10 м ймовірність попадання частинок на відстань 9 м, відповідно, складає 0,06; 7 м – 0,45 та 5 м – 0,92. При висоті розташування дроту 3 м ймовірність попадання частинок на відстань 8 м складає 0,01; 6 м – 0,29 та 4 м – 0,96, а при висоті 1 м ймовірність розлітання частинок на відстань 6 м становить 0,06; 5 м – 0,24, 4 м – 0,66 та 3 м – 0,99.

Електричні лампи розжарювання загального призначення становлять певну небезпеку з точки зору можливості контакту горючого середовища з колбою електричної лампи розжарювання, нагрітою вище температури самозаймання горючого середовища, а також, в окремих випадках, з виходом назовні розплавлених крапель металу нитки розжарювання. Температура нагрівання колби електричної лампи залежить від потужності лампи, її розмірів й розміщення у просторі [10].

Враховуючи поширеність та небезпеку пожеж, що виникають внаслідок теплового прояву електричного струму, розглянемо детальніше причини загорянь в електричному устаткуванні та установках.

Причини загорянь кабелів і дротів. Перегрів від короткого замикання між жилами кабелів, жилами кабелю та землею, який можливий внаслідок:

- пробою ізоляції підвищеною напругою, в тому числі від перевантаження, викликаного блискавкою;
- пробою ізоляції в місці механічного пошкодження в процесі експлуатації;
- пробою ізоляції при виникненні мікротріщин внаслідок заводського дефекту;
- пробою ізоляції від її старіння;
- пробою ізоляції в місці локального зовнішнього чи внутрішнього перегрівання;
- пробою ізоляції в місці локального підвищення вологості або агресивності середовища;
- випадкового або навмисного з'єднання струмопровідних жил кабелів та проводів між собою чи з'єднання струмопровідних жил із землею.

Перегрів від струмового перевантаження, який може статися у таких випадках:

- підключення споживача завищеної потужності;
- появи значного струму витоку між струмопровідними проводами, між струмопровідними проводами та землею;
- підвищення навколишньої температури на ділянці або в одному місці, погіршення тепловідводу чи вентиляції.

Перегрів у місцях перехідних опорів виникає за наступних причин:

- послабленні контактного тиску в місці з'єднання двох або більше струмопровідних жил, що призводить до значного підвищення перехідного опору;
- окисненні в місцях з'єднання провідників електричного струму.

Причини виникнення загорянь в електронагрівальних приладах, апаратах, устаткуванні. Перегрів приладів, апаратів та устаткування від замикання електронагрівальних елементів внаслідок [10]:

- руйнування ізоляції від її старіння;
- руйнування електроізоляційних елементів від зовнішньої механічної дії;
- пробою електроізоляції конструктивних елементів підвищеною напругою живлення;
- окиснення та послаблення контактного тиску в місцях під'єднання струмоведучих елементів, що викликає значне підвищення перехідного опору;
- википання води чи іншої рідини, яка підлягає нагріванню, що призводить до деформації та зруйнування нагрівача;
- нашарування струмопровідного забруднення між струмоведучими конструктивними елементами.

Загоряння від електронагрівальних приладів бувають у разі:

- теплового опромінювання горючих речовин від поверхні електронагрівальних приладів;
- попадання горючих речовин на нагріту поверхню електронагрівальних приладів, апаратів, устаткування;
- недотримання безпечних відстаней від нагрітих поверхонь таких приладів до горючих матеріалів.

Причини, загоряння освітлювальної апаратури. Перегрів від електричного пробою, який може виникнути в разі:

- зниження електроізоляційних якостей конструктивних елементів;
- механічного зміщення струмопровідних елементів до взаємного зіткнення різними потенціалами;
- послаблення контактного тиску та підвищення перехідного опору в місцях під'єднання дротів та джерел світла;
- використання джерел світла завищеної потужності;
- окиснення поверхонь, що контактують, і підвищення перехідного опору у місцях під'єднання джерел світла (ламп у цоколі, патроні, лампотримачі) до живильної напруги.

Перегрів в елементах пускорегулювальної апаратури люмінесцентних ламп та ламп типу ДРЛ внаслідок: '

- електричного пробою конденсатора, що призводить до струмового пробою дроселя;
- погіршення природного охолодження елементів конструкції освітлювача, зокрема дроселя, при сильному запиленні або неправильному встановленні;
- «залипання» стартера, що спричиняє струмові перевантаження дроселя;
- «залипання» стартера, яке спричиняє розплавлення електропроводів, перегрів цоколя лампи та лампотримача;
- підвищеного розсіювання потужності у дроселі внаслідок послаблення кріплення магнітного осердя;

- міжвиткового замикання у трансформаторі для безстартерних схем пуску та живлення.

Основні причини виникнення загорянь електродвигунів, генераторів та трансформаторів. Перегрів від коротких замикань в обмотках та на корпус, який виникає, коли має місце [10]:

- міжвитковий пробій ізоляції від старіння;
- міжвитковий пробій в одній обмотці електроізоляції підвищеною напругою;
- міжвитковий пробій ізоляції в місці виникнення мікротріщин при наявності заводського дефекту;
- міжвитковий пробій ізоляції під впливом вологи або агресивного середовища;
- міжвитковий пробій електроізоляції, що виникає внаслідок впливу локального зовнішнього чи внутрішнього перегріву;
- міжвитковий пробій ізоляції при механічному пошкодженні;
- пробій ізоляції обмоток на корпус підвищеною напругою;
- пробій ізоляції обмоток на корпус у разі її старіння;
- пробій ізоляції обмоток на корпус від механічного пошкодження електроізоляції;
- пробій ізоляції обмоток на корпус під впливом вологи чи агресивного середовища;
- пробій ізоляції обмоток на корпус від зовнішнього чи внутрішнього перегріву.

Перегрів від струмового перевантаження, який може спостерігатися у таких випадках:

- гальмування ротора у підшипниках від механічного спрацювання та відсутності змащення;
- роботи трифазного електродвигуна на двох фазах;
- роботи електродвигуна в разі зниженої живильної напруги при номінальному навантаженні на валу;
- підвищеної напруги живлення;
- тривалої безперервної роботи під максимальним навантаженням;
- порушення охолодження;
- завищення частоти реверсування електродвигунів;
- порушення режиму пуску.

Перегрів від іскріння у контактних кільцях та колекторі, який можливий за умов:

- забруднення, окиснення контактних кілець, колектора;
- механічного спрацювання контактних кілець, колектора та щіток, що може призвести до послаблення контактного тиску;
- механічного пошкодження контактних кілець, колектора та щіток;
- порушення місць установлення струмознімальних елементів на колекторі;
- перевантаження на валу (для електродвигунів);
- струмового перевантаження в ланцюзі генератора.

Причини загорянь у розподільних пристроях, електричних апаратах пуску, перемикачів, керування та захисту [10]:

1. Перегрів обмотки електромагніту при міжвитковому замиканні через пробій ізоляції внаслідок:

- її старіння;
- підвищеної напруги;
- виникнення мікротріщин як виробничого дефекту;
- механічного пошкодження в процесі експлуатації;
- локального зовнішнього перегріву від контактів, що іскрять;
- підвищеної вологості або агресивності середовища.

2. Перегрів від струмового перевантаження в обмотці електромагніту, коли має місце:

- підвищена напруга живлення обмотки електромагніту;
- підвищена частота (кількість) вмикань-вимикань;
- періодичне недотягнення рухомої частини осердя до замикання магнітної системи при механічних пошкодженнях конструктивних пристроїв;
- тривалий розімкнутий стан магнітної системи при вмиканні під напругою обмотки.

3. Перегрів конструктивних елементів внаслідок:

- окиснення в місцях під'єднання струмопровідних провідників та елементів, що призводить до значного підвищення перехідного опору;
- послаблення контактного тиску в місцях під'єднання струмопровідних елементів;
- іскріння робочих контактів при спрацюванні контактних поверхонь;
- іскріння робочих контактів при окисненні контактних поверхонь;
- іскріння робочих контактів у разі перекосів контактних поверхонь, що призводить до підвищення контактного опору в місцях контактування;
- сильного іскріння нормальних робочих контактів при вилучених іскро-, дугогасниках;
- іскріння в разі електричного пробоя проводів на корпус.

Причини загоряння від запобіжників:

- нагрівання в місцях робочих контактів від зниження контактного тиску та зростання перехідного опору;
- нагрівання у місцях робочих контактів від окиснення;
- розбризкування частинок розплавленого металу плавкої вставки при руйнуванні корпусу запобіжника, викликаному застосуванням нестандартних плавких уставок («жучків»);
- розбризкування частинок розплавленого металу нестандартних відкритих плавких уставок.

Значна кількість пожеж від теплового прояву електричного струму трапляється внаслідок використання саморобних електронагрівальних приладів, застосування «жучків», недотримання безпечних відстаней, експлуатації несправного електроустаткування, неправильного вибору його виконання (ступеня захисту) залежно від класів зон.

4 Теплові прояви механічної та хімічної енергії

Тепловий прояв механічної енергії. Механічна енергія широко застосовується для різних потреб. Пожежонебезпечне підвищення температури внаслідок перетворення механічної енергії у теплову спостерігається в разі [10]:

- ударів твердих тіл (з виникненням або без виникнення іскор);
- поверхневого тертя тіл під час їх взаємного переміщення;
- стиснення газів та пресування пластмас;
- механічної обробки твердих матеріалів різальними інструментами.

Ступінь нагрівання тіл та можливість появи при цьому джерел запалювання залежить від умов переходу механічної енергії в теплову.

Іскри, що виникають при ударах твердих тіл. Коли зіткнення деяких твердих тіл має достатню силу, то можуть висікатися іскри. В таких випадках іскра являє собою розпечену до світіння частинку металу або каміння. Розміри іскор (0,1-0,5 мм) від удару та тертя залежать від властивостей матеріалів, що взаємодіють, та енергетичних характеристик удару.

Від іскор при ударі у виробничих умовах займаються: ацетилен, етилен, водень. Такі іскри за певних умов здатні запалити метано-повітряні суміші.

Запалювальна здатність іскор від удару пропорційна наявності кисню у суміші, яку ці іскри можуть запалити. Чим більше кисню, тим інтенсивніше спалахне іскра і горючість суміші буде вищою.

Іскра, що летить, безпосередньо не запалює пилоповітряні суміші. Але коли вона попадає на осілий пил чи на волокнисті матеріали, то здатна викликати появу осередку тління. Цим пояснюється велика кількість спалахів та загорянь від механічних іскор у машинах на об'єктах, де є волокнисті матеріали або відкладення дрібного горючого пилу (розмельні цехи млинів та круп'яних заводів, сортувально-розпушувальні цехи текстильних фабрик, бавовняно-очисні заводи тощо).

Іскри, що виникають під час роботи ударними інструментами, досить часто викликають пожежонебезпечні ситуації. Зафіксовані випадки спалахів та вибухів у насосних і компресорних станціях, а також у виробничих приміщеннях вибухонебезпечних категорій в разі падіння інструменту, ударів ключів під час підтягування гайок.

Іскри, які виникають при ударах рухомих механізмів машин по їх нерухомих частинах. Досить часто трапляються випадки, коли ротор від центрального вентилятора стикається із стінками кожуха або пилчасті і ножеві барабани волокновідокремлювальних та тіпальних машин б'ються об нерухомі сталеві ґрати. При цьому спостерігається іскроутворення. Воно можливе також у разі неправильного регулювання зазорів, при деформуванні та вібрації валів, спрацюванні підшипників тощо. У таких випадках можливе не тільки виникнення іскор, але і поломка окремих частин машин і апаратів, що, у свою чергу, також може спричинити виникнення іскор [10].

Утворення іскор у разі потрапляння до машин металу або каміння. Частіше такі іскри утворюються, коли разом з оброблюваними продуктами потрапляють шматки металу чи каміння до:

- апаратів з мішалками для розчину чи хімічної обробки твердих речовин у розчинниках;
- машин ударно-від центрової дії для подрібнення, розпушення та змішування твердих горючих речовин;
- апаратів-змішувачів для перемішування та готування порошкових композицій;
- апаратів відцентрової дії для перемішування газів та парів.

Виникнення загоряння внаслідок перегріву підшипників машин та апаратів. Найбільшу пожежну небезпеку становлять підшипники ковзання навантажених високооборотних валів. Погана якість змащення робочих площин, їх забруднення, перекіс валів, перевантаження машини та надмірне затягування підшипників - все це може бути причиною перегріву підшипників. Досить часто корпус підшипника забруднюється відкладеннями горючого пилу (від деревини, борошна, бавовни), що також створює умови його перегріву та виникнення пожежі.

Перегрів та загоряння від транспортерних стрічок та привідних пасів. Такі явища відбуваються, головним чином, внаслідок тривалого проковзування паса чи стрічки відносно шківів. Таке проковзування, що зветься буксуванням, виникає в разі невідповідності передавального зусилля натягання гілок паса або стрічки, перевантаження агрегатів.

У випадку буксування майже вся енергія витрачається на тертя паса об шків, внаслідок чого виділяється значна кількість тепла. Найчастіше буксування транспортерних стрічок, стрічок елеваторів та пасових передач виникає через перевантаження чи слабе натягання паса.

В елеваторах буксування найчастіше виникає при завалі башмака, коли ківш елеватора не може пройти крізь товщу речовини, що транспортується. До перевантаження та буксування можуть також призвести защемлення стрічки, перекося та інше.

Займання волокнистих матеріалів при намотуванні їх на вали. Такі випадки трапляються на прядильних фабриках, льонозаводах, а також у комбайнах під час збирання зернових культур. Волокнисті матеріали намотуються на вали біля підшипників. Таке намотування супроводжується поступовим ущільненням маси, а потім сильним її нагріванням при терті об стінки машини, обвугленням і, нарешті, займанням. Іноді загоряння виникає внаслідок намотування волокнистих матеріалів на вали транспортерів, що переміщують відходи та готову продукцію. На прядильних фабриках займання часто виникають при обриванні шнура або тасьми, за допомогою яких обертаються веретена прядильних машин [10].

Намотуванню волокнистих матеріалів на вали, що обертаються, сприяє:

- наявність збільшеного зазору між валом та підшипником (при попаданні в цей зазор волокно заклинюється, стискується і починається процес намотування його на вал з усе сильнішим ущільненням шарів);
- наявність оголених ділянок валу, з яким стикаються волокнисті матеріали;
- використання вологої та забрудненої сировини.

Тепловий прояв хімічних реакцій. Проходження хімічних реакцій із значним виділенням теплової енергії містить у собі потенційну небезпеку виникнення пожежі або вибуху тому, що виникає можливість неконтрольованого розігрівання реагуючих, новоутворюваних чи тих, що знаходяться поряд, горючих речовин. Існує також велика кількість таких хімічних сполук, які в контакті з повітрям чи водою, а також в разі взаємодії можуть стати причиною виникнення пожежі.

Займання хімічних речовин при взаємодії. Це досить розповсюджена причина пожеж, які трапляються на виробництві. Найчастіше такого роду випадки виникають внаслідок дії окисників на органічні речовини. Окисниками при цьому можуть бути хлор, бром, оксиди азоту, фтор, азотна кислота, хромовий ангідрид, перекиси натрію, барію, водню, рідкий кисень, селітри, хлорати, перманганати, перхлорати та ін.

Стикаючись та змішуючись з органічними речовинами, окисники викликають їх займання. Деякі з окисників (хлорати, перхлорати, селітри, солі хромової кислоти) здатні утворювати з органічними речовинами суміші, що вибухають під незначним тепловим впливом або механічною дією.

Бувають суміші окисників та горючих речовин, які здатні займатися під дією на них сірчаної та азотної кислот або невеликої кількості вологи. При контакті алюмінієорганічних сполук із спиртами, лугами, кислотами реакція супроводжується вибухом. Багато ініціаторів, каталізаторів та паро-утворювачів, що широко застосовуються у виробництві пластмас, синтетичних смол, волокон та каучуку, займаються і вибухають при взаємодії з іншими речовинами.

Факторами сприяння взаємодії окисника з горючою речовиною виступають:

- підвищена початкова температура речовини;
- подрібнення речовини;
- наявність ініціаторів хімічного процесу.

Контакт деяких хімічних речовин призводить до виникнення екзотермічної реакції, виділення токсичних та горючих газів. Утворене тепло розігріває зону реакції, а також її продукти до небезпечних температур. Коли реагуючі речовини або продукти реакції є горючими, вони займаються і стають осередком пожежі або джерелом вибуху. В разі, коли реагуючі речовини є негорючими, то розігріті до високих температур від тепла реакції, вони стають джерелами запалювання горючих речовин, що знаходяться поряд [10].

Самоспалахування та самозаймання речовин при контакті з повітрям та водою. Речовини, що знаходяться в апаратах за умов технологічного процесу, можуть бути нагріті до температури, що перевищує температуру їх самозаймання. Так, наприклад, піролізний газ при виробництві етилену з нафтопродуктів має температуру самозаймання 530-550 °С, а виходить з печей піролізу, маючи температуру 850 °С. Температура самозаймання мазуту 380-420 °С, а в устаткуванні термічного крекінгу його нагрівання може сягати 500 °С. Цілком природно, що при появі нещільностей в апаратах і трубопроводах та стикуванні з повітрям продукту, що виходить назовні і має температуру, яка

перевищує температуру самозаймання, виникає його загоряння. Трапляються випадки, коли речовини, що використовуються в технологічному процесі, мають дуже низьку температуру самозаймання, навіть нижчу, ніж температура навколишнього середовища. Наприклад, триетилалюміній має температуру самозаймання мінус 68 °С, рідкий та білий фосфор має температуру самозаймання нижче кімнатної температури. Багато речовин, стикаючись з повітрям, здатні до самозаймання, яке може початись навіть при температурі навколишнього середовища або після попереднього (досить незначного) їх підігрівання. До таких речовин слід віднести олії та тваринні жири, кам'яне та деревне вугілля, деякі види сажі, оліфу, сірчані з'єднання заліза, скипидар, силос, порошкоподібні алюміній, цинк, титан, магній та ін.

Хімічні речовини, що здатні самозайматися, мають контакт з повітрям, як правило, у випадках:

- пошкодження тари;
- розфасування речовин;
- розливу рідин;
- сушіння;
- відкритого зберігання твердих подрібнених, волокнистих, листових та рулонних матеріалів;
- розкриття апаратів з метою огляду та ремонту;
- відкачування рідин з резервуарів, коли усередині резервуарів знаходяться відкладення, що самозаймаються.

Самоспалахування та самозаймання речовин при контакті з повітрям та водою. Речовини, що знаходяться в апаратах за умов технологічного процесу, можуть бути нагріті до температури, що перевищує температуру їх самозаймання. Так, наприклад, піролізний газ при виробництві етилену з нафтопродуктів має температуру самозаймання 530-550 °С, а виходить з печей піролізу, маючи температуру 850 °С. Температура самозаймання мазуту 380-420 °С, а в устаткуванні термічного крекінгу його нагрівання може сягати 500 °С. Цілком природно, що при появі нещільностей в апаратах і трубопроводах та стикуванні з повітрям продукту, що виходить назовні і має температуру, яка перевищує температуру самозаймання, виникає його загоряння. Трапляються випадки, коли речовини, що використовуються в технологічному процесі, мають дуже низьку температуру самозаймання, навіть нижчу, ніж температура навколишнього середовища. Наприклад, триетилалюміній має температуру самозаймання мінус 68 °С, рідкий та білий фосфор має температуру самозаймання нижче кімнатної температури. Багато речовин, стикаючись з повітрям, здатні до самозаймання, яке може початись навіть при температурі навколишнього середовища або після попереднього (досить незначного) їх підігрівання. До таких речовин слід віднести олії та тваринні жири, кам'яне та деревне вугілля, деякі види сажі, оліфу, сірчані з'єднання заліза, скипидар, силос, порошкоподібні алюміній, цинк, титан, магній та ін.

Хімічні речовини, що здатні самозайматися, мають контакт з повітрям, як правило, у випадках [10]:

- пошкодження тари;
- розфасування речовин;
- розливу рідин;
- сушіння;
- відкритого зберігання твердих подрібнених, волокнистих, листових та рулонних матеріалів;
- розкриття апаратів з метою огляду та ремонту;
- відкачування рідин з резервуарів, коли усередині резервуарів знаходяться відкладення, що самозаймаються.

Для виробничої апаратури найбільш специфічними є випадки самозаймання відкладень сірчистих сполук заліза та термopolімерів. Сірчисті сполуки заліза виникають внаслідок хімічної взаємодії сірководню чи вільної сірки із стінками сталевих апаратів. Такий процес можна спостерігати під час переробки та зберігання сірчистих нафт та нафтопродуктів; при зберіганні, очищенні та переробці природного та супутнього нафтового газу; одержанні та очищенні генераторних газів, водню, коксового газу та ін.

Найбільш схильним до самозаймання є закисний сульфід заліза. Окиснення сірчистих сполук заліза починається з підсихання поверхні та стикування її з киснем повітря. При цьому температура поступово підвищується, з'являється блакитний дим, а вже потім і невеликі язички полум'я. Відкладення сірчистих сполук можуть розігріватися до температури 700°C.

Якщо виробничий процес пов'язаний з використанням речовин, схильних до полімеризації, виникає можливість утворення так званих термopolімерів. Вони являють собою пухку губчасту речовину із значною кількістю невикористаних у процесі полімеризації зв'язків. Наявність цих зв'язків та розвинена поверхня термopolімеру визначають його здатність до окиснення та самозаймання на повітрі.

У виробництві використовується значна кількість речовин, які займаються при взаємодії з водою. Теплова енергія, що при цьому виділяється, може викликати займання горючих речовин, які утворюються чи межують із зоною реакції. До таких речовин слід віднести лужні метали, карбід кальцію, карбіди лужних металів, негашене вапно, фосфористий кальцій, фосфористий натрій, сірчистий натрій, гідросульфід натрію. Багато з цих речовин (лужні метали, карбіди) при взаємодії з водою утворюють горючі гази, які займаються від теплоти реакції [10].

Контакт речовин з водою або вологою повітря виникає найчастіше при пошкодженні апаратів та трубопроводів, при несправності тари, а також у разі відкритого зберігання цих речовин. Але вода може проникнути у приміщення і через відкриті прорізи у стінах, у випадку наявності щілин, отворів у покритті чи підлозі, при пошкодженні водяних комунікацій, при конденсації вологи з повітря тощо.

Вибухи та посилення пожежі, що почалася, можуть мати місце під час спроб гасити подібні речовини водою або піною.

Речовини, здатні до займання та вибуху під час нагрівання або механічної дії. Існує ряд нестійких хімічних речовин, здатних розкладатися з часом під впливом температури, дією тертя, удару та інших факторів. Розкладання таких речовин пов'язане з виділенням більшої чи меншої кількості тепла. Сюди належать і вибухові речовини: ацетилен, ацетиленіди, селітри, перекиси, гідроперекиси тощо.

У разі порушення технологічного регламенту при виробництві, використанні або збереженні таких речовин вплив на них джерел тепла, і особливо можливої пожежі, здатний призвести до їх вибухового розкладу. Такі випадки спостерігались під час здійснення процесів нітрації органічних сполук, отримання перекисів та гідроперекисів ацетилену та схожих речовин.

Схильність до вибухового розкладу під впливом підвищеного тиску та температури має ацетилен.

Азотовмісні речовини, наприклад ціаністи та азотоціаністи, під час термічного розкладання виділяють не тільки оксид вуглецю, але й інші токсичні продукти - ціанід водню (синильну кислоту) HCN , диціан C_2N_2 тощо.

Продукти термічного розкладу тетрахлорметану в 90 разів токсичніші, ніж первинна речовина.

Неорганічні речовини, залежно від їх складу, під час нагрівання розкладаються з виділенням кисню, діоксиду азоту, діоксиду вуглецю, хлору, хлориду водню тощо.

Слід зазначити, що термічний розклад органічних речовин відбувається з виділенням головним чином летких горючих продуктів, а термічний розклад неорганічних речовин супроводжується утворенням як горючих, так і негорючих продуктів.

Більшість продуктів термічного розкладу речовин токсичні.

Леткі продукти, що виділяються під час розкладу в умовах пожежі, можуть займатися та інтенсифікувати її розвиток або утворювати разом з повітрям пожежовибухонебезпечні суміші, створювати небезпечні токсикологічні умови.

5 Методика проведення аналізу пожежної безпеки

Аналіз пожежної безпеки являє собою прогноз виникнення пожежі та її наслідків. Під час аналізу обґрунтовується економічна доцільність протипожежних заходів [10].

Кінцевою метою аналізу пожежної безпеки буде максимально можливе виключення потенційних джерел запалювання, зведення до мінімуму горючого середовища, встановлення такого рівня протипожежного режиму, при якому можливість виникнення пожежі та масштаби її наслідків будуть найменші.

Протипожежний режим – це комплекс встановлених норм поведінки людей, правил виконання робіт та експлуатації об'єкта (виробу), спрямованих на забезпечення його пожежної безпеки. Порушення чи відхилення від такого порядку негайно підвищує ризик виникнення пожежі. Тому виявлення порушень протипожежного режиму є складовою частиною аналізу пожежної безпеки.

Методика аналізу пожежної небезпеки зводиться до виявлення та оцінки наступних умов:

- потенційних та наявних джерел запалювання;
- умов формування горючого середовища;
- умов виникнення контакту джерел запалювання та горючого середовища;
- умов та причин поширення вогню в разі виникнення пожежі;
- наявності та масштабів імовірної пожежі, загрози життю і здоров'ю людей, навколишньому середовищу, матеріальним цінностям;
- рівня працездатності систем протипожежного захисту та протипожежної стійкості кожної ділянки та об'єкта в цілому;
- порушень протипожежного режиму, норм і правил пожежної безпеки.

Для здійснення обґрунтованих прогнозів щодо виникнення та розповсюдження пожеж необхідно спиратися на статистичний аналіз пожеж, особливо тих, що виникають на споріднених об'єктах. Робота із статистичними даними дає змогу накреслювати ефективні заходи запобігання аналогічним пожежам.

Важливим завданням аналізу пожежної небезпеки та стану протипожежного режиму є виявлення умов виникнення пожеж під час окремих технологічних операцій у цехах, в устаткуванні, в цілому на об'єкті, враховуючи умови виробничої діяльності та різноманітність часу виникнення статистичне відомих аналогічних пожеж (доба, місяць, квартал, рік).

Слід також враховувати і психофізіологічні умови праці персоналу. Оптимальні та безпечні режими роботи можливо забезпечити тільки з урахуванням збереження працездатності та спостережливості людей, зайнятих у виробництві, особливо тих, чия професійна діяльність так чи інакше пов'язана з вибухонебезпечними роботами та устаткуванням. Важливу роль тут відіграє виробнича дисципліна та свідоме ставлення працюючих до виконання вимог безпеки і додержання потрібного рівня як протипожежного, так і технологічного режиму.

Аналіз пожежної небезпеки промислових підприємств рекомендовано проводити за ходом технологічного процесу, а в адміністративних та житлових будівлях, – від підвалу до горища (або навпаки), тобто в усіх приміщеннях без винятку [10].

Можна порадити такі **напрямки виявлення умов виникнення пожежі та порушень протипожежного режиму:**

- несправність технологічного устаткування (передчасний вихід з ладу, неякісний повсякденний огляд, несправність контрольно-вимірювальних приладів та несвоєчасність проведення планово-профілактичних ремонтів);
- порушення правил улаштування та експлуатації електроустановок, строків їх ремонту та замірів опору ізоляції електропроводів;
- порушення правил експлуатації вентиляційних систем (наявність пошкоджень, несвоєчасність очищення та ремонту);
- порушення технологічного регламенту з вини обслуговуючого

персоналу, в разі поломок контрольно-вимірювальних приладів, неякісного догляду;

- порушення правил пожежної безпеки під час ремонту технологічного устаткування (неповне зливання легкозаймистих та горючих рідин, непровадження продування та пропарювання ємностей інертним газом та паром, використання сталевих інструментів, здатних до іскровискання, та ін.);

- застосування відкритого вогню (при використанні факелів, паяльних ламп, під час розведення багать, порушенні режиму куріння і т.ін.);

- порушення режиму проведення вогневих робіт (електрогазоварювальних, фарбувальних, малярних, при розігріванні бітуму, смол, мастик);

- підтікання та розлив легкозаймистих та горючих рідин, вихід газів при несправностях тари, апаратів, трубопроводів та газопроводів);

- порушення строків очищення виробничого устаткування, фарбувальних камер;

- порушення режиму збору та вилучення сміття та інших горючих відходів;

- порушення правил експлуатації систем опалення і вентиляції;

- порушення в утриманні шляхів евакуації, засобів оповіщення про пожежу;

- порушення протипожежних відстаней, утримання шляхів під'їзду до будівель і споруд;

- порушення правил зберігання пожежовибухонебезпечних речовин і матеріалів;

- несправність або відсутність систем протипожежного захисту та первинних засобів пожежогасіння, зовнішнього та внутрішнього протипожежного водопостачання;

- невідповідність вимогам норм шляхів евакуації;

- інші порушення.

Питання до самоконтролю:

1. Наведіть види теплового впливу джерел запалювання.
2. Назвіть особливості пожежної небезпеки технологічних процесів в основі яких застосовуються теплові явища речовин.
3. Які є теплові прояви електричної енергії?
4. Наведіть причини виникнення загорянь електроустаткування.
5. Дайте характеристику тепловим проявам механічної енергії.
6. Дайте характеристику тепловому прояву хімічних реакцій.
7. Наведіть методику проведення аналізу пожежної небезпеки.

ТЕМА 4. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ

Мета вивчення теми

Розглянути умови попередження утворення горючого середовища та джерел запалювання, ознайомитися з основними характеристиками систем протипожежного захисту та основними організаційно-технічними заходами щодо забезпечення пожежної безпеки

План

1. Попередження утворення горючого середовища та джерел запалювання.
2. Характеристика систем протипожежного захисту.
3. Організаційно-технічні заходи щодо забезпечення пожежної безпеки.

Основні терміни

Система пожежної безпеки, рівень забезпечення пожежної безпеки, живучість системи, запобігання пожежі, початковий етап пожежі, система протипожежного захисту, відомча пожежна (пожежно-сторожова) охорона, місцева пожежна охорона, протипожежні об'єднання громадян, навчання з питань пожежної безпеки.

1 Попередження утворення горючого середовища та джерел запалювання

Система пожежної безпеки – це комплекс організаційних заходів і технічних засобів, спрямованих на запобігання пожежі та збиткам від неї.

Пожежна безпека забезпечується системами запобігання пожежі та протипожежного захисту, а також організаційно-технічними заходами.

Системи пожежної безпеки мають відповідати необхідним рівням забезпечення безпеки людей та матеріальних цінностей, а також економічним критеріям ефективності цих систем для матеріальних цінностей з урахуванням усіх стадій життєвого циклу об'єктів (наукова розробка, проектування, будівництво, експлуатація) та виконувати такі завдання:

- виключати виникнення пожежі;
- забезпечити безпеку людей у разі пожежі;
- забезпечити пожежну безпеку матеріальних цінностей;
- забезпечити пожежну безпеку людей і матеріальних цінностей одночасно.

Системи пожежної безпеки мають запобігти впливу на людей небезпечних факторів пожежі, у тому числі їх вторинних проявів на необхідному рівні.

Рівень забезпечення пожежної безпеки являє собою кількісну оцінку запобігання збиткам при можливій пожежі [10].

Об'єкти, пожежі на яких можуть призвести до масового ураження людей, що знаходяться на них та на навколишній території, небезпечними та шкідливими виробничими факторами, а також небезпечними факторами пожежі, повинні мати системи пожежної безпеки, що забезпечують мінімальну можливу

ймовірність виникнення пожежі. Конкретні значення такої ймовірності визначають проектувальники та технологи.

Необхідний рівень пожежної безпеки визначається також виходячи з поняття живучості або стійкості функціонування об'єкта захисту.

Під **живучістю системи** розуміють її здатність до збереження своїх функцій під впливом несприятливих факторів зовнішнього середовища, які виходять за межі проектних умов експлуатації.

Нижче розглянемо практичну реалізацію завдань систем пожежної безпеки.

Запобігання пожежі досягається попередженням утворення горючого середовища та (або) попередженням утворення в горючому середовищі (або внесення до нього) джерел запалювання.

Початковий етап пожежі – загоряння (займання) виникає через те, що джерело теплової енергії вступає в контакт з речовиною, що займається, або знаходиться досить близько до такої речовини. Оскільки пожежа являє собою процес неконтрольованого горіння, то контроль за процесами, які сприяють умовам її виникнення, є основним інструментом запобігання пожежі.

Зазначені на схемі елементи являють собою самостійні напрямки, що входять до системи. Будь-який з цих трьох напрямків, за умови його повного здійснення, достатній для запобігання пожежі. У той же час використання їх в комплексі суттєво збільшує шанси такого запобігання. Наприклад, контроль джерел запалювання може здійснюватися шляхом їх видалення. Однак існує ймовірність того, що джерело запалювання може виникнути в зоні, що захищається (наприклад, як результат підпалу або заносу). Якщо при цьому також застосувати напрямок контролю горючого середовища, то ми збільшимо ймовірність запобігання пожежі [16].

Визначення горючого середовища у більшості випадків значно простіше, ніж виявлення та визначення широкого спектра існуючих джерел запалювання. Реалізація стратегії контролю горючого середовища (його видалення та обмеження) триває вже досить довгий час і помітнішим її результатом можна вважати широке проведення вогнестійкого будівництва.

Попередження утворення горючого середовища всередині технологічного устаткування при його нормальній роботі, а також у випадках виникнення позаштатних ситуацій забезпечується спеціальними технічними рішеннями. Зміст таких рішень визначається пожежною небезпекою речовин та матеріалів, що обертаються, їх агрегатним станом, видом технологічного устаткування, нормами технологічного режиму.

Заходи та засоби щодо попередження утворення горючого середовища визначаються пожежонебезпечними властивостями речовин і матеріалів, що використовуються у технологічному процесі, та умовами ведення цього процесу. Вибір цих заходів та засобів здійснюється на основі аналізу можливих причин утворення горючого середовища в приміщеннях та всередині різноманітних апаратів та трубопроводів: наявність нещільностей в обладнанні, через які можуть витікати вибухонебезпечні гази чи натікати всередину апаратів з цими

газами повітря; наявність місць зберігання, зливу та наливу легкозаймистих та горючих рідин; наявність джерел утворення та місць накопичення вибухонебезпечного пилу; наявність місць складування твердих горючих речовин тощо. Усі можливі причини утворення горючого середовища необхідно детально вивчати в кожному конкретному випадку з урахуванням особливостей технологічного процесу та устаткування, ступеня його терміну використання та можливості виникнення аварій та аварійних ситуацій [16].

Згідно з ДСТУ 8828:2019 до загального комплексу заходів та засобів щодо попередження утворення горючого середовища відносяться:

- максимально можливим за умов технології і будівництва обмеженням маси та/або об'єму
- горючих речовин, матеріалів і найбільш безпечних умов та за способом їх розміщення;
- підтриманням безпечної концентрації горючого середовища;
- достатньою концентрацією флегматизатора в повітрі обмеженого об'єму, що захищається,
- для доведення концентрації окислювача до значень, за яких горіння неможливе;
- підтриманням параметрів горючого середовища (температура, тиск, вологість тощо), за яких
- виникнення та поширення горіння виключено;
- ізоляцією горючого середовища від загального об'єму приміщення;
- розміщенням пожежонебезпечного устаткування в окремих приміщеннях або на відкритих майданчиках;
- максимальною механізацією і автоматизацією технологічних процесів, пов'язаних з обігом горючих речовин;
- застосуванням пристроїв захисту технологічного обладнання з горючими речовинами від пошкоджень та аварій (автоматичне відключення, припинення подавання горючих речовин і матеріалів тощо).

При дотриманні наведених заходів та засобів ймовірність утворення горючого середовища значно знижується, але повністю не виключається. Тому в системі заходів, спрямованих на попередження пожеж, важливу роль відіграють заходи та засоби, спрямовані на попередження виникнення в горючому середовищі джерел запалювання [10].

Відповідно до ДСТУ 8828:2019 [17] запобігання утворення в горючому середовищі джерел запалювання має досягатися застосуванням одного із таких способів або їх комбінацією:

- застосуванням машин, механізмів, устаткування, пристроїв, за експлуатації яких не утворюються джерела запалювання;
- застосуванням в пожежонебезпечних та вибухонебезпечних зонах електрообладнання з відповідним рівнем захисту;
- застосуванням в конструкції устаткування швидкодіючих засобів захисного відключення можливих джерел запалювання;

- застосуванням технологічного процесу і обладнання, що задовольняє вимогам електростатичної іскробезпеки згідно з ГОСТ 12.1.018;
- улаштуванням блискавкозахисту будівель, споруд і обладнання;
- підтриманням температури поверхні машин, механізмів, устаткування, пристроїв, речовин і матеріалів, які можуть увійти в контакт з горючим середовищем, нижче гранично допустимої, що становить 80 % від найменшої температури самозаймання горючої речовини;
- виключенням можливості появи іскрового розряду в горючому середовищі з енергією, що становить 40 % і вище мінімальної енергії запалювання;
- застосуванням інструменту, що не утворює іскр, під час роботи з легкозаймистими рідинами і горючими газами;
- недопущенням виникнення умов для теплового, хімічного та (або) мікробіологічного самозаймання речовин та матеріалів, що обертаються;
- усуненням контакту з повітрям пірофорних речовин;
- зменшенням визначального розміру горючого середовища нижче гранично допустимого за горючістю.

2 Характеристика систем протипожежного захисту

Система протипожежного захисту – це сукупність заходів та засобів, спрямованих на запобігання впливу на людей небезпечних чинників пожежі та обмеження матеріальних збитків від неї. Основними завданнями системи протипожежного захисту є обмеження розповсюдження і розвитку пожеж і вибухів за межі осередку, своєчасне виявлення та ліквідація пожежі, захист людей та матеріальних цінностей від дії шкідливих та небезпечних чинників пожеж і вибухів.

Оскільки повністю виключити, в силу відомих причин, імовірність виникнення пожежі неможливо, то необхідно використовувати **стратегію обмеження її наслідків**, яка досягається такими заходами:

- забезпеченням потрібної вогнестійкості будівель та споруд;
- забезпеченням своєчасної евакуації людей та відповідності чинним нормам шляхів евакуації;
- створенням умов для ефективного гасіння пожежі;
- обмеженням поширення пожежі;
- своєчасною ліквідацією горіння.

Обмеження поширення пожежі за межі її осередку забезпечується:

- улаштуванням протипожежних відстаней між будівлями та спорудами;
- улаштуванням протипожежних перешкод;
- встановленням гранично допустимих за техніко-економічними розрахунками площ протипожежних відсіків та секцій, а також поверховості будівель та споруд;
- улаштуванням аварійного відключення та перемикання установок та комунікацій;

- використанням засобів, що запобігають або обмежують розлив і розтікання рідин під час пожежі;
- використанням вогнеперешкоджуючих пристроїв в устаткуванні;
- локалізацією пожежі вогнегасними речовинами, автоматичними установками пожежогасіння, а також шляхом утворення розривів горючого середовища випалюванням, вибуховими речовинами, розбиранням (видаленням) горючого матеріалу.

3 Організаційно-технічні заходи щодо забезпечення пожежної безпеки **Організаційно-технічні заходи** мають включати [18]:

- організацію пожежної охорони та відомчих служб пожежної безпеки відповідно до чинного законодавства;
- паспортизацію речовин, матеріалів, виробів, технологічних процесів, будівель і споруд об'єктів у частині забезпечення пожежної безпеки;
- залучення громадськості до питань забезпечення пожежної безпеки;
- організацію навчання працівників правилам пожежної безпеки на виробництві, а населення – в порядку, установленому правилами пожежної безпеки відповідних об'єктів перебування людей;
- розробку та реалізацію норм і правил пожежної безпеки, інструкцій про порядок поведінки з пожежонебезпечними речовинами й матеріалами, про дотримання протипожежного режиму та дії людей при виникненні пожежі;
- виготовлення й застосування засобів наочної агітації із забезпечення пожежної безпеки;
- порядок зберігання речовин і матеріалів, гасіння яких неприпустиме одними і тими ж засобами, залежно від їхніх фізико-хімічних і пожежонебезпечних властивостей;
- нормування чисельності людей на об'єкті за умовами їхньої безпеки при пожежі;
- розробку заходів щодо дій адміністрації, робітників, службовців і населення на випадок виникнення пожежі й організацію евакуації людей;
- основні види, кількість, розміщення й обслуговування пожежної техніки (пожежна техніка, яку використовують, має забезпечувати ефективне гасіння пожежі (загоряння), бути безпечною для природи та людей).

Організація пожежної охорони та відомчих служб пожежної безпеки. Пожежна охорона створюється з метою захисту життя і здоров'я громадян, приватної, колективної та державної власності від пожеж, підтримання належного рівня пожежної безпеки на об'єктах і в населених пунктах.

Основними завданнями пожежної охорони є:

- здійснення контролю за дотриманням протипожежних вимог;
- запобігання пожежам і нещасним випадкам на них;
- гасіння пожеж, рятування людей та надання допомоги в ліквідації наслідків аварій, катастроф і стихійного лиха.

Пожежна охорона поділяється на державну, відомчу, місцеву та добровільну.

Державна пожежна охорона формується на базі існуючих воєнізованої та професійної пожежної охорони, входить до системи Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи і здійснює державний пожежний нагляд [5].

Контроль за діяльністю державної пожежної охорони здійснюють Кабінет Міністрів України, Міністерство України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи і в межах своєї компетенції Рада Міністрів Республіки Крим, місцеві органи виконавчої влади, органи місцевого та регіонального самоврядування, а на підприємствах, що охороняються державною пожежною охороною, крім цього, – керівники цих підприємств.

На об'єктах міністерств, інших центральних органів виконавчої влади, перелік яких визначається Кабінетом Міністрів України, створюються підрозділи **відомчої пожежної (пожежно-сторожової) охорони**, які здійснюють свою діяльність згідно з положеннями, погодженими з Міністерством України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи.

Підрозділи відомчої пожежної охорони, що мають виїзну пожежну техніку, залучаються до гасіння пожеж у порядку, який встановлюється державною пожежною охороною.

Ці підрозділи у питаннях підготовки особового складу та організації гасіння пожеж керуються нормативними актами, що діють у державній пожежній охороні.

У селищах і селах підрозділи **місцевої пожежної охорони** створюються місцевими органами виконавчої влади та органами місцевого самоврядування відповідно до положення, затвердженого Кабінетом Міністрів України. Додатково підрозділи місцевої пожежної охорони можуть створюватися також у містах та для охорони об'єктів.

Противопожежні об'єднання громадян. З метою об'єднання зусиль трудових колективів, вчених, фахівців пожежної охорони та окремих громадян у галузі забезпечення пожежної безпеки можуть створюватись асоціації, товариства, фонди та інші добровільні протипожежні об'єднання громадян, які здійснюють свою діяльність згідно з чинним законодавством України.

Організація навчання працівників правилам пожежної безпеки на виробництві.

Порядок проведення навчання з питань пожежної безпеки в Україні врегульований низкою нормативно-правових актів, зокрема [19]:

- Правилами пожежної безпеки в Україні, затвердженими наказом МВС України від 30.12.2014 № 1417;
- Порядком здійснення навчання населення діям у надзвичайних ситуаціях, затвердженим постановою КМУ від 26.06.2013 № 444;

- Порядком затвердження програм навчання та інструктажів з питань пожежної безпеки, організації та контролю за їх виконанням, затвердженим наказом МВС України від 05.12.2019 № 1021;

- ДСТУ 5058:2008. «Навчання населення діям у надзвичайних ситуаціях. Основні положення» (наказ Держспоживстандарту України від 01.07. 2008 №254) та іншими актами.

Основоположним правовим актом, що регламентує навчання з питань пожежної безпеки та дії у разі виникнення надзвичайної ситуації є Кодекс цивільного захисту України. У цій сфері Кодексом надано відповідні повноваження органам державної влади і управління.

Так, центральний орган виконавчої влади, який забезпечує формування та реалізацію державної політики у сфері цивільного захисту, уповноважено організовувати навчання з питань цивільного захисту посадових осіб центральних і місцевих органів виконавчої влади, органів місцевого самоврядування і суб'єктів господарювання, здійснювати заходи щодо розроблення та затвердження програм з навчання населення діям у надзвичайних ситуаціях.

Інші центральні органи виконавчої влади наділені повноваженнями щодо організації навчання з питань цивільного захисту, техногенної та пожежної безпеки посадових осіб міністерств та інших центральних органів виконавчої влади, а також суб'єктів господарювання, що належать до сфери їх управління.

Місцеві державні адміністрації та органи місцевого самоврядування, своєю чергою, повинні забезпечувати проведення навчання з питань цивільного захисту, техногенної і пожежної безпеки посадових осіб місцевих державних адміністрацій, органів місцевого самоврядування, суб'єктів господарювання, що належать до сфери їхнього управління, та підприємств комунальної власності.

Усі працівники під час прийняття на роботу і щорічно за місцем роботи проходять інструктаж з питань пожежної безпеки відповідно до Типового положення, затвердженого Міністерством України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи [5].

Особи, яких приймають на роботу, пов'язану з підвищеною пожежною небезпекою, повинні попередньо пройти спеціальне навчання (пожежно-технічний мінімум). Працівники, зайняті на роботах з підвищеною пожежною небезпекою, один раз на рік проходять перевірку знань відповідних нормативних актів з пожежної безпеки, а посадові особи до початку виконання своїх обов'язків і періодично (один раз на три роки) проходять навчання і перевірку знань з питань пожежної безпеки.

Програми навчання з питань пожежної безпеки мають погоджуватися з органами державного пожежного нагляду.

Питання до самоконтролю:

1. Наведіть основні заходи та засоби щодо попередження утворення горючого середовища.

2. Наведіть заходи та засоби спрямовані на попередження виникнення в горючому середовищі джерел запалювання.
3. Що таке система протипожежного захисту? Назвіть стратегічні заходи.
4. Наведіть основні організаційно-технічні заходи забезпечення пожежної безпеки.
5. Наведіть основні завдання пожежної охорони.
6. На базі чого формується державна пожежна охорона?
7. Якими нормативними документами регулюється порядок проведення навчання з питань пожежної безпеки?
8. Ким створюються протипожежні об'єднання громадян?

ТЕМА 5. ПРОТИПОЖЕЖНИЙ ТА ПРОТИВИБУХОВИЙ ЗАХИСТ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД

Мета вивчення теми

Розглянути категорії приміщень та будівель за вибухопожежною і пожежною небезпекою, ознайомитися з класифікацією пожежонебезпечних і вибухонебезпечних зон та з класифікацією будівель і споруд за ступенем вогнестійкості, навчитися обирати дієві способи підвищення пожежозахисту та противибухового захисту будівель та споруд.

План

1. Категорії приміщень за вибухопожежною і пожежною небезпекою.
2. Категорії будівель за вибухопожежною і пожежною небезпекою.
3. Класифікація пожежонебезпечних та вибухонебезпечних зон.
4. Класифікація будівель і споруд за ступенем вогнестійкості.
5. Класифікація будівельних матеріалів.
6. Основні частини будинків та будівельних конструкцій, їхня поведінка в умовах пожежі.
7. Способи підвищення вогнестійкості залізобетонних конструкцій та методи захисту несучих металевих конструкцій і конструкцій з деревини.
8. Обмеження поширення пожежі між будинками та в середині будинків.
9. Противибуховий захист будівель та споруд.

Основні терміни

Категорія пожежної (вибухопожежної) небезпеки, горюча речовина, легкозаймиста рідина, категорії будівель за вибухопожежною і пожежною небезпекою, категорії зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою, вибухонебезпечна зона, пожежонебезпечна зона, ступінь вогнестійкості, межа вогнестійкості конструкції, втрата несучої здатності, втрата цілісності, втрата теплоізолювальної здатності, вогнестійкість (вогнетривкість) конструкції, теплопровідність, теплоємність, міцність, твердість, пружність, пластичність, істинна густина, середня густина, пористість, теплове розширення,

жаростійкість, вогнетривкість, вогнестійкість, термостійкість, термін служби, старіння, деформованість, електричний опір, електропровідність, стійке полуменеве горіння, під займистістю розуміють здатність речовин та матеріалів до спалахування, спалахування, поверхнева густина теплового потоку, критична поверхнева густина теплового потоку, будівля підвищеної поверховості.

1 Категорії приміщень за вибухопожежною і пожежною небезпекою

Категорія пожежної (вибухопожежної) безпеки – це класифікаційна характеристика пожежної (вибухопожежної) безпеки будинку (або частини будинку у межах протипожежного відсіку), приміщення, зовнішньої установки що визначається кількістю та пожежовибухонебезпечними властивостями речовин і матеріалів, що знаходяться (обертаються) в них, з урахуванням особливостей технологічних процесів виробництва.

Відповідно до національного стандарту ДСТУ Б В.1.1-36:2016 [20] категорії приміщень за вибухопожежною та пожежною небезпекою визначають шляхом перевірки належності приміщень до категорій від найбільш вибухопожежонебезпечної категорії А до найменш небезпечної категорії Д, за винятком категорії Г (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 – Категорії приміщень за вибухопожежною та пожежною небезпекою

Категорія приміщення	Характеристика речовин і матеріалів, що знаходяться (зберігаються, переробляються, транспортуються) у приміщенні
1	2
А вибухопожежо небезпечна	Горючі гази, легкозаймисті рідини з температурою спалаху не вище ніж 28 °С у такій кількості, що можуть утворювати вибухонебезпечні газо-, пароповітряні суміші, у разі займання яких розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху у приміщенні, який перевищує 5 кПа, і/або речовини і матеріали, здатні вибухати і горіти при взаємодії з водою, киснем повітря і/або один з одним, у такій кількості, що розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні перевищує 5 кПа.
Б вибухопожежо небезпечна	Горючі пил і/або волокна, легкозаймисті рідини з температурою спалаху вище ніж 28 °С, горючі рідини у такій кількості, що можуть утворювати вибухонебезпечні пило-, пароповітряні суміші, у разі займання яких розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні, який перевищує 5 кПа.
В пожежо небезпечна	Горючі гази, легкозаймисті, горючі і/або важкогорючі рідини, а також речовини і/або матеріали, які здатні вибухати і горіти або тільки горіти під час взаємодії з водою, киснем повітря і/або один з одним; тверді горючі і/або важкогорючі речовини і матеріали (включно горючий пил і/або волокна), за умови, що приміщення, в яких вони знаходяться (зберігаються, переробляються, транспортуються), не відносяться до категорій А або Б і питома пожежна навантага для твердих і рідких легкозаймистих, горючих та важкогорючих речовин і/або матеріалів на окремих ділянках площею не менше 10 м ² кожна перевищує 180 МДж·м ⁻² . Якщо питома пожежна навантага не перевищує 180 МДж·м ⁻² , то приміщення відноситься до категорії Д за умови виконання вимог, що наведені нижче табл.13 (пункти 7.6.1, 7.6.5 та 7.6.8 в ДСТУ Б В.1.1-36:2016 6.1)

1	2
Г помірнопожежо небезпечна	Негорючі речовини і/або матеріали у гарячому, розпеченому і/або розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується виділенням променистого тепла, утворенням іскор і/або полум'я; горючі гази, рідини і/або тверді речовини, що спалюються або утилізуються як паливо
Д зниженопожежо небезпечна	Речовини і/або матеріали, що зазначені вище для категорії приміщень В (крім горючих газів, горючих пилу і/або волокон), а також негорючі речовини і/або матеріали в холодному стані (за температури навколишнього середовища), за умов, що приміщення, в яких знаходяться (зберігаються, переробляються, транспортуються) зазначені вище речовини і/або матеріали, не відносяться до категорій А, Б або В.

Під час встановлення категорій приміщень за вибухопожежною та пожежною небезпечкою необхідно дотримуватися наступних рекомендацій [20], що наведені нижче.

Площу окремих ділянок для твердих і рідких легкозаймистих, горючих та важкогорючих речовин і/або матеріалів, що складають пожежну навантагу, визначають за розмірами проекції їх площі розміщення (складування), а також площі розливу під час розрахункової аварії на горизонтальну поверхню підлоги. У разі якщо граничні відстані між окремими ділянками, що містять складові пожежної навантаги, менші за мінімальні, які наведені у табл. 5.2, то площу пожежної навантаги визначають як загальну площу цих ділянок з урахуванням площі між ділянками.

Таблиця 5.2 – Значення мінімальних граничних відстаней, залежно від величини критичної поверхневої густини падаючих променистих потоків

Критична поверхнева густина падаючих променистих потоків, $q_{кр}$, кВт·м ⁻²	5	10	15	20	25	30	40	50
Мінімальні граничні відстані, $l_{гр1}$, м	12	8	6	5	4	3,8	3,2	2,8

В табл. 5.2 за критичну поверхневу густину променистого потоку прийняте мінімальне значення густини теплового потоку, за якого виникає стійке полуменеве горіння матеріалів, на які падає променистий потік. Значення $l_{гр1}$ приймають за умови, якщо $H \geq 11$ м; якщо $H < 11$ м, то мінімальну граничну відстань визначають як [20]:

$$l_{гр} = l_{гр1} + (11 - H), \quad (5.1)$$

де $l_{гр1}$ – мінімальні граничні відстані, м, приймають відповідно до табл. 14;
 H – мінімальна відстань від поверхні пожежної навантаги до нижнього пояса ферм покриття (покриття), м.

Значення критичної поверхневої густини падаючих променистих потоків, $q_{кр}$, (за тривалості опромінення 15 хв) для деяких матеріалів пожежної навантаги наведені у табл. 5.3.

Таблиця 5.3 – Значення $q_{кр}$ для деяких матеріалів пожежної навантаги

Матеріали	Критична поверхнева густина падаючих променистих потоків, $q_{кр}$, кВт·м ²
Деревина (сосна вологістю 12 %)	13,9
Деревостружкові плити (питома вага 417 кг·м ⁻³)	8,3
Торфобрикет	13,2
Торф кусковий	9,8
Бавовна-волокно	7,5
Шаруватий пластик	15,4
Склопластик	15,3
Пергамін	17,4
Гума	14,8
Вугулля	35,0
Рулонна покрівля	17,4
Сіно, солома (при мінімальній вологості до 8 %)	7,0

Окрім цього, якщо пожежна навантага під час розрахункової аварії складається з різних матеріалів, то значення $q_{кр}$ визначають за матеріалом з мінімальним значенням $q_{кр}$. Для матеріалів пожежної навантаги з невідомими значеннями $q_{кр}$ приймають $l_{гр1} \geq 12$ м. Також, якщо пожежна навантага складається з **легкозаймистих рідин** (ЛЗР) та **горючих речовин** (ГР), мінімальну граничну відстань $l_{гр2}$ між сусідніми ділянками розміщення (розливу) складових пожежної навантаги у приміщеннях категорії Д визначають за формулами:

$$l_{гр2} \geq 15 \text{ м при } H \geq 11 \text{ м,}$$

$$l_{гр2} \geq (26 - H) \text{ м при } H < 11 \text{ м.}$$

Горюча речовина – речовина, здатна до участі у горінні у якості відновника [10].

Легкозаймиста рідина – горюча рідина з температурою спалаху не більше ніж 61 °С у закритому тиглі або 66 °С у відкритому тиглі. Особливо небезпечними називають легкозаймисті рідини з температурою спалаху не більше ніж 28 °С

Значення мінімальних граничних відстаней можуть бути зменшені за умови застосування конструктивних рішень, спрямованих на створення перешкод поширенню пожежі між ділянками, що містять складові пожежної навантаги.

Але, якщо площа приміщення не перевищує 10 м² і в ньому знаходяться (зберігаються, переробляються, транспортуються) речовини і/або матеріали, зазначені в табл.15, що складають пожежну навантагу під час розрахункової аварії, віднесення даного приміщення до певної категорії здійснюється за результатами наступних розрахунків:

- надлишкового тиску вибуху для горючих газів, парів легкозаймистих та горючих рідин;
- надлишкового тиску вибуху для горючого пилу;
- надлишкового тиску вибуху для речовин і/або матеріалів, які здатні вибухати і горіти під час взаємодії з водою, киснем повітря і/або один з одним;
- розрахунок надлишкового тиску вибуху для вибухонебезпечних сумішей, які містять горючі гази, пари ЛЗР та ГР і/або горючий пил.

Розрахункова площа при визначенні питомої пожежної навантаги дорівнює фактичній площі приміщення.

При визначенні категорій приміщень під час розрахунку пожежної навантаги за формулою (5.1), важкогорючі речовини і матеріали (відповідно до ГОСТ 12.1.044) включаються у розрахунок у тому випадку, якщо вони знаходяться разом з горючими речовинами і матеріалами. Якщо у приміщенні знаходяться тільки важкогорючі речовини і матеріали, приміщення відноситься до категорії Д [20].

Пожежну навантагу Q , у мегаджоулях, складові якої є тверді й рідкі легкозаймисті, горючі та важкогорючі речовини і/або матеріали у межах пожежонебезпечної ділянки, визначають за формулою:

$$Q = \sum_{i=1}^n G_i \cdot Q_i^p \quad (5.2)$$

де G_i – кількість i -ої складової пожежної навантаги, кг;

Q_i^p – найнижча теплота згоряння i -ої складової пожежної навантаги, МДж·кг⁻¹

2 Категорії будівель за вибухопожежною і пожежною небезпекою

Категорії будівель за вибухопожежною і пожежною небезпекою. На практиці інколи за вибухопожежною та пожежною небезпекою категорують не весь будинок, а протипожежні відсіки, які є частинами будинку та які відокремлені від інших його частин протипожежною стіною 1-го типу та/або протипожежним перекриттям 1-го типу [20].

Будинок або протипожежний відсік відноситься до **категорії А**, якщо в ньому сумарний об'єм приміщень категорії А перевищує більше ніж 5 % загального об'єму будинку або протипожежного відсіку.

Будинок або протипожежний відсік відноситься до **категорії Б**, якщо одночасно виконуються дві умови:

- будинок або протипожежний відсік не відноситься до категорії А;
- сумарний об'єм приміщень категорій А і Б перевищує більше ніж 5 % загального об'єму будинку або протипожежного відсіку.

Будинок або протипожежний відсік відноситься до **категорії В**, якщо одночасно виконуються дві умови: а) будинок або протипожежний відсік не відноситься до категорії А або Б; б) сумарний об'єм приміщень категорій А, Б і В перевищує більше ніж 5 % (10 %, якщо в будинку або протипожежному відсіку

відсутні приміщення категорій А і Б) загального об'єму будинку або протипожежного відсіку.

Будинок або протипожежний відсік відноситься до категорії Г, якщо одночасно виконуються дві умови:

- будинок або протипожежний відсік не відноситься до категорій А, Б або В;

- сумарний об'єм приміщень категорій А, Б, В і Г перевищує більше ніж 5 % загального об'єму будинку або протипожежного відсіку.

Будинок або протипожежний відсік відноситься до категорії Д, якщо він не відноситься до категорій А, Б, В або Г.

Категорії зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою приймають відповідно до табл. 5.4 [20].

Визначення категорій зовнішніх установок потрібно здійснювати шляхом перевірки їхньої належності до категорій, які наведені у табл. 5.4, від найбільш вибухопожежонебезпечної категорії А_з до найменш небезпечної категорії Д_з.

У табл. 16 одними з критеріїв, за якими зовнішня установка відноситься до певної категорії, є горизонтальний розмір зони (відстань від апарата (установки) до краю зони), що обмежує газо-, пароповітряні суміші з концентрацією горючої речовини вище нижньої концентраційної межі поширення полум'я ($C_{\text{нкмл}}$), розрахунковий надлишковий тиск, що розвивається у разі займання газо-, паро- або пилоповітряних сумішей, та інтенсивність теплового випромінювання від вогнища пожежі.

Таблиця 5.4 – Категорії зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою

Категорія зовнішньої установки	Критерії віднесення зовнішньої установки до тієї або іншої категорії за вибухопожежною та пожежною небезпекою
А_з вибухопожежо небезпечна	Установка відноситься до категорії А _з , якщо в ній знаходяться (обертаються) горючі гази; легкозаймисті рідини з температурою спалаху не більшої ніж 28 °С; речовини і/або матеріали, які здатні вибухати і горіти під час взаємодії з водою, киснем повітря і/або один з одним. При цьому горизонтальний розмір зони, що обмежує газо-, пароповітряні суміші із концентрацією горючої речовини вище нижньої концентраційної межі поширення полум'я ($C_{\text{нкмл}}$), перевищує 30 м (даний критерій застосовується тільки для горючих газів і парів) і/або розрахунковий надлишковий тиск вибуху, що розвивається в разі займання газо-, пароповітряних сумішей, і/або під час вибуху речовин і/або матеріалів, які здатні вибухати і горіти під час взаємодії з водою, киснем повітря і/або один з одним, перевищує більше ніж 5 кПа на відстані 30 м від зовнішньої установки
Б_з вибухопожежо небезпечна	Установка відноситься до категорії Б _з , якщо в ній знаходяться (обертаються) горючі пила і/або волокна; легкозаймисті рідини з температурою спалаху більше ніж 28 °С; горючі рідини. При цьому горизонтальний розмір зони, що обмежує пароповітряні суміші із концентрацією горючої речовини вище нижньої концентраційної межі поширення полум'я ($C_{\text{нкмл}}$), перевищує 30 м (даний критерій застосовується тільки для горючих парів) і/або розрахунковий надлишковий тиск вибуху, що розвивається у разі займання пило-,

	пароповітряних сумішей, перевищує більше ніж 5 кПа на відстані 30 м від зовнішньої установки
В_з пожежонебезпечна	Установка відноситься до категорії В _з , якщо в ній знаходяться (обертаються) горючі гази, легкозаймисті, горючі і/або важкогорючі рідини, тверді горючі і/або важкогорючі речовини і/або матеріали (включно з горючим пилом і/або волокнами), а також речовини і/або матеріали, які здатні вибухати і горіти або тільки горіти під час взаємодії з водою, киснем повітря і/або один з одним, за умови, що установка не відноситься до категорій А _з або Б _з . При цьому інтенсивність теплового випромінювання від вогнища пожежі перевищує 4 кВт· м ² на відстані 30 м від зовнішньої установки
Г_з помірно пожежонебезпечна	Установка відноситься до категорії Г _з , якщо в ній знаходяться (обертаються) негорючі речовини і/або матеріали в гарячому, розпеченому і/або розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується виділенням променистого тепла, утворенням іскор і/або полум'я, а також горючі гази, рідини і/або тверді речовини, які спалюються або утилізуються як паливо
Д_з знижено пожежонебезпечна	Установка відноситься до категорії Д _з , якщо вона не відноситься до категорій А _з , Б _з , В _з або Г _з .
<i>Примітка. Якщо в установці знаходяться (обертаються) тільки важкогорючі речовини і матеріали, то вона відноситься до категорії Д_з</i>	

3 Класифікація пожежонебезпечних та вибухонебезпечних зон

Вибухонебезпечна зона – простір у приміщенні або навколо зовнішньої установки, у якому є або можуть утворитися вибухонебезпечні суміші (рис. 5.1).

У приміщенні вибухонебезпечною вважається зона в межах до 5 м по горизонталі та вертикалі від обладнання з якого можливе виділення горючих газів або парів ЛЗР (легкозаймистих рідин) [10].

Згідно з ДНАОП 0.00-1.32-01 **газо-, пароповітряні вибухонебезпечні середовища утворюють вибухонебезпечні зони класів 0, 1, 2, а пилоповітряні – вибухонебезпечні зони класів 20, 21, 22.**

Вибухонебезпечна зона класу 0 – простір, в якому вибухонебезпечне середовище наявне постійно або протягом тривалого часу. Вибухонебезпечна зона класу 0 може мати місце тільки в межах корпусів технологічного обладнання.

Приклад вибухонебезпечної зони класу 0: резервуар, в якому зберігається ЛЗР, наприклад, бензин.

Вибухонебезпечна зона класу 1 – простір, в якому вибухонебезпечне середовище може утворитися під час нормальної роботи (нормальна робота – ситуація, коли установка працює відповідно до своїх розрахункових параметрів).

Приклад вибухонебезпечної зони класу 1: муловідстійник ацетиленової станції.

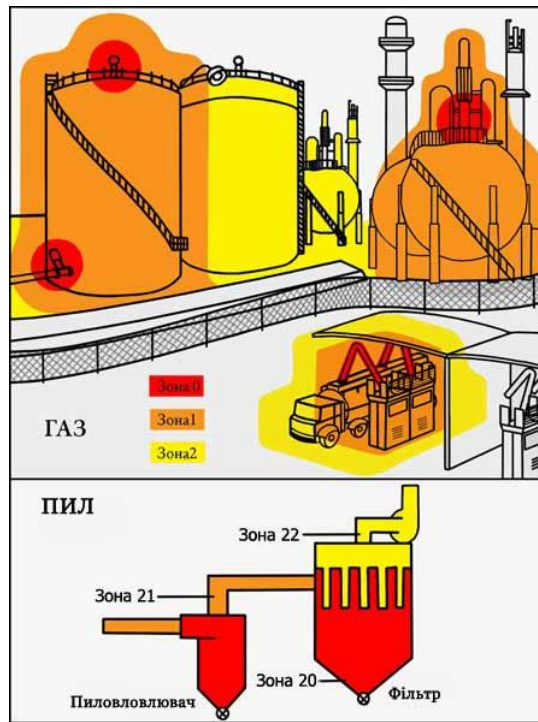


Рисунок 5.1 – Приклади розташування небезпечних зон [21]

Вибухонебезпечна зона класу 2 – простір, в якому вибухонебезпечне середовище за нормальних умов експлуатації відсутнє, а якщо воно виникає, то рідко і триває недовго. У цих випадках можливі аварії катастрофічних розмірів (розрив трубопроводів високого тиску або резервуарів значної місткості) не повинні розглядатися під час проектування електроустановок.

Частоту виникнення і тривалість вибухонебезпечного газопароповітряного середовища визначають за правилами (нормами) відповідних галузей промисловості.

Приклад вибухонебезпечної зони класу 2: фарбувальне приміщення за наявності основного та резервного вентиляційних агрегатів.

Вибухонебезпечна зона класу 20 – простір, в якому під час нормальної експлуатації вибухонебезпечний пил у вигляді хмари присутній постійно або часто в кількості, достатній для утворення небезпечної концентрації суміші з повітрям, і (або) простір, де можуть утворюватися пилові шари непередбаченої або надмірної товщини. Звичайно це має місце всередині обладнання, де пил може формувати вибухонебезпечні суміші часто і на тривалий термін.

Приклад вибухонебезпечної зони класу 20: верстати, що використовуються у технологічному процесі отримання борошна (наприклад, ситовійка).

Вибухонебезпечна зона класу 21 – простір, в якому під час нормальної експлуатації ймовірна поява пилу у вигляді хмари в кількості, достатній для утворення суміші з повітрям вибухонебезпечної концентрації.

Ця зона може включати простір поблизу місця порошкового заповнення або осідання і простір, де під час нормальної експлуатації ймовірна поява пилових шарів, які можуть утворювати небезпечну концентрацію вибухонебезпечної пилоповітряної суміші.

Приклад вибухонебезпечної зони класу 21: приміщення для здрібнювання кам'яного вугілля за відсутності резервних агрегатів системи аспірації.

Вибухонебезпечна зона класу 22 – простір, в якому вибухонебезпечний пил у завислому стані може з'являтися нечасто й існувати недовго або в якому шари вибухонебезпечного пилу можуть існувати й утворювати вибухонебезпечні суміші в разі аварії. Ця зона може включати простір поблизу обладнання, що містить пил, який може вивільнюватися шляхом витоків і формувати пилові утворення.

Згідно з ДНАОП 0.00-1.32-01 (Правила улаштування електрообладнання) [15] **пожежонебезпечною зоною** називається простір у приміщенні або за його межами, в якому постійно або періодично знаходяться горючі речовини як при нормальному технологічному процесі, так і при його порушенні в такій кількості, яка вимагає спеціальних заходів у конструкції електрообладнання під час його монтажу та експлуатації.

Зона класу П-I – простір у приміщенні, в якому знаходиться ГР, яка має температуру спалаху більше +61 °С.

Приклади зони класу П-I: приміщення складів мінеральних олій, приміщення для просочування бавовняно-паперових виробів оливою, камери олійних трансформаторів.

Зона класу П-II – простір у приміщенні, в якому можуть накопичуватися і виділятися горючий пил або волокна.

Приклади зони класу П-II: деревообробні, прядильні цеха, мало запилені приміщення елеваторів.

Зона класу П-IIIa – простір у приміщенні, в якому знаходяться тверді горючі речовини та матеріали.

Приклади зони класу П-IIIa: склади або виробничі приміщення з наявністю паперу (бібліотеки, архіви), деревини, горючих пластмас.

Зона класу П-IIIb – простір поза приміщенням, в якому знаходяться ГР з температурою спалаху понад +61°C або тверді горючі речовини.

Приклади зони класу П-IIIb: відкриті або під навісом склади мінеральних олій, пиломатеріалів.

У разі розміщенні в приміщеннях або на відкритому повітрі одиничного пожежонебезпечного технологічного обладнання, коли спеціальних заходів проти розповсюдження пожежі не передбачено, зона в межах до 3 м по горизонталі і вертикалі від цього обладнання вважається пожежонебезпечною.

Найбільш пожежонебезпечними зонами є зони класів П-I і П-II.

4 Класифікація будівель і споруд за ступенем вогнестійкості

Ступінь вогнестійкості – нормована характеристика вогнестійкості будівель і споруд, яка визначається межами вогнестійкості основних будівельних конструкцій і межами поширення вогню по цих конструкціях, відповідно.

Відповідно до ДБН В.1.1-7:2016 (Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги) [22]. Всі будівлі і споруди поділяються на вісім ступенів вогнестійкості, які встановлюються в залежності від призначення, категорії за

вибухопожежною та пожежною небезпекою будівлі, його висоти (поверховості), площі поверху в межах протипожежного відсіку і т.д.

Ступінь вогнестійкості будівель і споруд характеризується групою займистості і межею вогнестійкості їх елементів.

Межа вогнестійкості конструкції – показник вогнестійкості конструкції, який визначається часом від початку вогневого випробування за стандартного температурного режиму до настання одного з нормованих для даної конструкції граничних станів з вогнестійкості.

До граничного стану належать:

- втрата несучої здатності;
- втрата цілісності;
- втрата теплоізолювальної здатності.

Втрата несучої здатності визначається заваленням конструкції або виникненням її граничних деформацій.

Втрата цілісності – це вид граничного стану конструкції за вогнестійкістю, що характеризується утворенням в конструкціях наскрізних тріщин або наскрізних отворів, через які проникають продукти горіння або полум'я.

Втрата теплоізолювальної здатності – вид граничного стану конструкції за вогнестійкістю, що характеризується підвищенням температури на поверхні, що не обігривається, до встановлених граничних значень. Вона визначається підвищенням температури на поверхні конструкції, що не обігривається, в середньому більше ніж на 140 °С або в будь-якій точці цієї поверхні – більше ніж на 180 °С у порівнянні з температурою конструкцій до випробування.

Для колон, балок, ферм, стовпів межа вогнестійкості визначається тільки втратою несучої здатності конструкцій. Для зовнішніх несучих стін та покриттів – втратою несучої здатності та цілісності. Для ненесучих внутрішніх стін та перегородок – втратою цілісності та теплоізолювальної здатності. Для несучих внутрішніх стін та протипожежних перешкод – всіма трьома граничними станами.

Вогнестійкість (вогнетривкість) конструкції – здатність конструкції зберігати несучі та (або) огорожувальні функції в умовах пожежі.

Відповідно до ДБН В.1.1-7:2016 виділяється п'ять конструктивних характеристик будинків залежно від ступеня їх вогнестійкості [22].

I, II ступінь – будинки з несучими та загороджувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону із застосуванням листових і плитних негорючих матеріалів;

III ступінь – будинки з несучими та загороджувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону. Для перекриттів дозволяється застосувати дерев'яні конструкції, які захищені штукатуркою або мають вогнезахисту обробку;

III а, III б ступінь – будинки переважно з каркасною конструктивною схемою. Елементи каркасу – з металевих незахищених конструкцій.

Загороджувальні конструкції – з негорючих листових матеріалів з негорючим утеплювачем або утеплювачем групи низької та помірної горючості;

IV ступінь – будинки з несучими та загороджувальними конструкціями з деревини або інших горючих матеріалів, захищених від вогню та високих температур штукатуркою або іншим листовим, плитним матеріалом. До елементів покриття не пред'являються вимоги щодо межі вогнестійкості, але деревина має пройти вогнезахисну обробку;

IV а ступінь – будинки переважно одноповерхові з каркасною конструктивною схемою. Елементи каркасу – з металевих незахищених конструкцій. Загороджувальні конструкції – з металевих профільованих листів або інших негорючих матеріалів з утеплювачем груп середньої та підвищеної горючості;

V ступінь – будинки до несучих і загороджувальних конструкцій яких не пред'являються вимоги щодо межі вогнестійкості та межі поширення вогню.

Найбільшу межу вогнестійкості у будівлях будь-якого ступеня мають забезпечувати несучі будівельні конструкції, найменшу – внутрішні перегородки, а відтак вогнестійкість будівель і споруд визначається певними часовими діапазонами.

5 Класифікація будівельних матеріалів

За своїм походженням будівельні матеріали розподіляють на [10]:

- **природні**, які зустрічаються в природі в готовому вигляді та можуть використовуватися в будівництві без суттєвого оброблення;
- **штучні**, які не зустрічаються в природі, а виробляються із застосуванням різних технологічних процесів.

За функціональним призначенням можна виділити такі групи будівельних матеріалів:

- призначені для будівництва стін (цегла, бетон, залізобетон, метал, дерево);
- в'язучі (цемент, вапно, гіпс), які використовують для виробництва безвипалювальних виробів, цегляної кладки та штукатурки;
- теплоізоляційні (мінеральна вата, піно- та газобетони, пінопласти, повсть тощо);
- опоряджувальні та облицювальні (керамічні плитки, кам'яні породи, різні пластики, деревностружкові та деревноволокнисті плити, «вагонка», лінолеум тощо);
- покрівельні та гідроізоляційні (шифер, черепиця, покрівельне залізо, руберойд тощо).

Основні властивості будівельних матеріалів.

Теплопровідність – молекулярне перенесення тепла в суцільному середовищі, зумовлене наявністю градієнта температури. Дана властивість враховується при виборі матеріалів для огороджувальних конструкцій будівель, призначених для збереження тепла в приміщеннях та при розрахунках

конструкцій на вогнестійкість.

Теплоємність – фізична величина, яка дорівнює відношенню кількості теплоти, що поглинається системою при безмежно малій зміні її температури, до цієї зміни. Теплоємність, як і теплопровідність, не є фізичною константою матеріалу, тому що вона змінюється залежно від температури.

Міцність – здатність матеріалу чинити опір руйнуванню від дії напруг, які виникають у ньому під впливом прикладеного навантаження.

Твердість – властивість матеріалу чинити опір деформуванню або руйнуванню при місцевому силовому впливові; характеризується проникненням у нього іншого, більш твердого, матеріалу.

Пружність – властивість матеріалу змінювати під дією навантаження свою форму та об'єм без ознаки руйнування та відновлювати їх після припинення дії деформувальних сил.

Пластичність – властивість матеріалу змінювати без руйнування форму та розміри під дією навантаження або внутрішніх напруг, стійко зберігаючи утворену форму і розміри після припинення цього впливу.

Істинна густина – маса одиниці об'єму матеріалу в абсолютно щільному стані. Густина більшості будівельних матеріалів більше одиниці. Виключення являють деревина, пластики.

Середня густина – маса одиниці об'єму матеріалу, включаючи пори і порожнини.

Залежно від густини та пористості середня маса будівельних матеріалів змінюється від $20 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$ (для деяких легких теплоізоляційних матеріалів) до $7850 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$ (для сталей).

Пористість – ступінь насиченості матеріалу повітряними включеннями у вигляді пор. З пористістю пов'язані такі властивості матеріалів, як міцність, теплопровідність, звуконепроникність тощо. Пористість будівельних матеріалів змінюється від 0 (сталь, скло) до 85% (поропласт, пінобетон).

Теплове розширення – збільшення геометричних розмірів зразка, викликане зміною його температури при постійному тиску.

Жаростійкість – здатність матеріалу за умов тривалого впливу температур від 200 до 2000 °С зберігати або незначно змінювати свої фізичні або механічні властивості; визначається температурою, при якій матеріали в умовах довгочасного нагріву та наступного охолодження починають руйнуватися або переходити в пластичний стан.

Вогнетривкість – властивість матеріалу протистояти, не розплавляючись, впливу високих температур, прийнятих у випробуваннях, залежно від групи матеріалів. Характеризується температурою, під впливом якої зразок випробовуваного матеріалу у вигляді тригранної піраміди розм'якшується та деформується так, що його вершина дотикається основи.

Вогнестійкість – здатність матеріалу зберігати фізико-хімічні властивості під дією вогню; характеризується довготривалістю опору дії вогню до втрати міцності.

Термостійкість – здатність матеріалу витримувати різні коливання

температур, не руйнуючись; визначається числом поперемінних нагрівань (до 1300 °С) і охолоджень у проточній воді з температурою 5-25 °С, які витримує матеріал до втрати ним 20% своєї початкової маси.

Термін служби – період часу від початку експлуатації виробу до моменту виникнення граничного стану, зазначеного в технічній документації.

Старіння – зміна фізико-хімічних і механічних властивостей та структури матеріалів при експлуатації або тривалому зберіганні, яке відбувається у матеріалах з підвищеним рівнем внутрішньої енергії.

Деформованість – властивість твердих матеріалів змінювати форму або об'єм під дією механічного навантаження, власної маси, намагнічування, електричного заряду; визначається рівнем пружних та залишкових деформацій при заданих зовнішніх діях.

Електричний опір – властивість матеріалу перешкоджати проходженню електричного струму.

Електропровідність – властивість матеріалу проводити електричний струм під впливом незмінного в часі електричного поля.

Будівельні матеріали залежно від значень параметрів горючості поділяють на негорючі (НГ) та горючі (Г).

До негорючих відносять будівельні матеріали при таких значеннях параметрів горючості:

- приріст температури в печі не більше 50 °С;
- втрата маси зразка не більше 50%;
- тривалість стійкого полуменевого горіння не більше 10 с.

Будівельні матеріали, що не відповідають хоча б одному з вказаних значень параметрів, відносяться до горючих.

Під **стійким полуменим горінням** слід розуміти безперервне полуменево горіння матеріалів протягом не менше 5 с.

Віднесення будівельних матеріалів до негорючих здійснюється експериментальним шляхом.

Горючі будівельні матеріали залежно від значень параметрів горючості поділяють на чотири групи (Тема 2).

У цілому ряді випадків крім характеристик горючості будівельних матеріалів необхідно мати дані про здатність їх до займання під впливом променистої теплоти, для визначення займистості [10].

Під **займистістю** розуміють здатність речовин та матеріалів до спалахування.

Спалахування – це початок полуменевого горіння під дією джерела запалювання. При даному стандартному випробуванні характеризується усталеним полуменим горінням.

Поверхнева густина теплового потоку (ПГТП) – променистий тепловий потік, що діє на одиницю поверхні зразка.

Критична поверхнева густина теплового потоку (КПГТП) – мінімальне значення поверхневої густини теплового потоку, при якій виникає стійке полуменево горіння.

Горючі будівельні матеріали залежно від величини КППТП поділяють на три групи займистості (Тема 2).

6 Основні частини будинків та будівельних конструкцій, їхня поведінка в умовах пожежі

Будівлею вважається наземна споруда, що має внутрішній закритий простір та призначена для виконання побутових, громадських, виробничих, складських або господарських функцій.

За своїм функціональним призначенням будівлі поділяють на цивільні (житлові та громадські), промислові та сільськогосподарські.

Капітальність будівлі характеризується її довговічністю та ступенем вогнестійкості. **Довговічність** визначається строком служби будівлі (її будівельних конструкцій) без втрати експлуатаційних якостей, що вимагаються. За довговічністю будівлі поділяють на чотири ступені: перший визначає строк служби більший ніж 100 років; другий – 50-100 років; третій – 20-50 років; четвертий – менше 20 років [10].

Будівлі можуть бути одноповерховими та багатоповерховими. При визначенні поверховості враховують тільки надземні поверхи, що розташовані вище нульової позначки будівлі, тобто над рівнем землі. Поверх, підлога якого заглиблена нижче поверхні землі більш ніж на половину висоти, називається **підвальним**. При меншому заглибленні підлоги нижче нульової позначки поверх називається цокольним. Будівлі висотою 10 та більше поверхів, а також будівлі висотою понад 30 м від планувальної позначки землі до рівня підлоги верхнього поверху відносяться до **будівель підвищеної поверховості**.

Всі інші споруджені об'єкти, які не відносяться до будівель та служать для виконання суто технічних завдань, вважаються інженерними спорудами, наприклад: естакади, мости, відкриті виробничі установки, резервуари, димові труби тощо.

Кожний збудований об'єкт складається з будівельних конструкцій, що являють собою елементи будівлі та споруди, виконують несучі, огорожувальні або суміщені (несучі та огорожувальні) функції.

До основних частин (конструктивних елементів) будівель та споруд відносяться фундаменти, стіни, перекриття, опори, перегородки, покрівлі, сходи, вікна, двері, ворота, світлові ліхтарі.

Фундамент – підземна частина будівлі (конструкції), призначена для сприймання та розподілу навантажень від будівлі на її основу.

Стіна – частина будівлі, що виконує функції вертикальної огорожувальної та несучої конструкції. Стіни служать для огороження приміщень від зовнішнього атмосферного впливу (зовнішні стіни) та для розділення внутрішнього об'єму будівлі на окремі приміщення (внутрішні стіни). Стіни визначають **як самонесучі**, коли вони обпираються на фундамент та несуть навантаження тільки під дією власної маси; **несучими**, якщо крім власної маси вони сприймають й інші навантаження (наприклад, від міжповерхових

перекриттів); **ненесучими**, якщо вони виконують тільки огорожувальні функції, тобто не опираються на фундаменти та передають навантаження від власної маси в межах кожного поверху на інші елементи будівлі.

Ненесучі стіни з панелей, що навішені на колони або балки, називають **навісними каркасно-панельними**.

Стіни також поділяють на поздовжні та поперечні.

Перегородка – внутрішня ненесуча стіна, призначена для поділу поверху будівлі на окремі приміщення.

Цоколь – нижня частина зовнішньої стіни, що частково виступає за її зовнішню площину.

Фронтон – ділянка поперечної стіни, яка відгороджує горищний простір при двохсхилій покрівлі.

Парапет – невисока стінка, що огорожує покрівлю. На цей час здебільшого виготовляється з металевих конструкцій.

Вертикальні прямокутні виступи стіни називають пілястрами, напівкруглі – **напівколонами**, з похилою гранню – **контрфорсом**. Всі ці виступи служать для посилення міцності та стійкості стін.

Опори – будівельні пристрої у вигляді вертикальних стрижневих елементів, які з'єднують конструкції та передають навантаження на фундаменти. Опори залежно від матеріалу називають стояками, стовпами або колонами. Стояки найчастіше виробляють з дерева, стовпи – з каміння, а колони бувають сталевими або залізобетонними.

Розташовані всередині будівлі окремі опори та балки утворюють внутрішній каркас будівлі.

Перекрыття сприймають навантаження, розділяють будівлю на поверхи та являють собою горизонтальні несучі конструкції. Перекрыття спираються на вкладені по опорах балки, що називаються прогонами або ригелями, чи безпосередньо на опори. Поверхи відділяються один від одного міжповерховими перекрыттями. Перекрыття над підвалом називають **надпідвальними**, а перекрыття під горищем – **горищним**.

Покрівля – верхнє огороження будівлі, що сприймає навантаження від своєї маси, снігу та вітру і призначене для захисту приміщень від зовнішніх кліматичних факторів та впливів. Складається з двох частин: несучої (стропила, ферми, арки, рами, склепіння) та огорожувальної (покрівля).

Покриття – частина будівлі, що огорожує її зверху та суміщає функції стелі приміщення (горищного перекрыття) та покрівлі.

Покрив – верхня оболонка даху, що складається з водонепроникного килима та основи.

Сходи – конструктивний елемент будівлі, що служить для сполучення між поверхами, руху людей та пересування предметів. Сходи складаються з сходових маршів та площадок сходів. Для безпеки та зручності пересування сходові марші огорожуються перилами. Приміщення, в яких розміщені сходи, називаються сходовими клітками.

Двері складаються з коробки та дверного полотна і закривають відповідні прорізи.

Вікна – огорожувальні елементи будівель, призначені для природного освітлення та вентиляції приміщень.

Ліхтарі – засклені надбудови на покритті будівель, що призначені для верхнього освітлення.

Залежно від матеріалу виготовлення, основні будівельні конструкції поділяють на кам'яні, залізобетонні, металеві, дерев'яні, а також такі, що вміщують полімерні матеріали.

Будівельні конструкції характеризуються показниками: межею вогнестійкості та допустимою межею поширення вогню.

У всіх будівлях мають бути обов'язково передбачені конструктивні, об'ємно-планувальні та інженерно-технічні рішення, які у випадку пожежі здатні забезпечити:

- можливість евакуації людей, незалежно від їх віку та фізичного стану, назовні на прилеглу до будівлі територію до настання загрози їх життю та здоров'ю як результату впливу небезпечних факторів пожежі; можливість рятування людей;

- доступ особового складу пожежних підрозділів та подачу засобів пожежогасіння до осередку пожежі, а також можливість виконання заходів щодо рятування людей та матеріальних цінностей;

- обмеження прямих та побічних збитків, включаючи саму будівлю та її вміст;

- обмеження розповсюдження пожежі у будівлі, а також на сусідні будівлі та споруди, в тому числі при заваленні будівлі, яка горить.

7 Способи підвищення вогнестійкості залізобетонних конструкцій та методи захисту несучих металевих конструкцій і конструкцій з деревини

При впровадженні відповідних конструктивних рішень та при використанні матеріалів з покращеними термоміцними характеристиками можна збільшити межу вогнестійкості залізобетонних конструкцій [10].

Підвищення вогнестійкості будівельних конструкцій можна досягти шляхом:

- збільшення товщини та площі поперечного перерізу конструктивних елементів;

- збільшення товщини шару бетону в залізобетонних конструкціях, що працюють на прогин та розтяг;

- зменшення навантажень та вибору арматури з більш високими критичними температурами;

- нанесення штукатурних та облицювальних матеріалів з низькою теплопровідністю.

Як показали досліди та спостереження на пожежах вогнестійкість металевих несучих конструкцій є невеликою (близько 0,2-0,4 год.), під дією

високих температур вони швидко втрачають стійкість та міцність. Збільшення вогнестійкості металевих будівельних конструкцій здійснюється за допомогою технічних та проектних рішень [23].

До технічних рішень, що уповільнюють нагрівання належать: встановлення захисного шару шляхом бетонування, штукатурення, обкладання цеглою; виконання теплоізоляційних екранів; нанесення вогнезахисного покриття.

Застосування того чи іншого способу вогнезахисту залежить:

- від величини необхідної межі вогнестійкості;
- типу конструкції, що підлягає захисту та її положення в просторі (вертикальні, горизонтальні, похилі);
- виду навантажень, що діють на конструкцію (статичні, динамічні);
- температури, вологості та агресивності навколишнього середовища;
- від збільшення навантаження на конструкцію внаслідок ваги вогнезахисних матеріалів;
- естетичних вимог.

Використовують два методи захисту металевих конструкцій: тепловідвід та теплоізоляцію.

Тепловідвід здійснюється охолодженням порожнистих сталевих конструкцій рідиною, що циркулює, та заповненням порожнистих колон бетоном. У ряді зарубіжних країн побудовані будівлі з металевими каркасами, які заповнюються водою для збільшення межі їх вогнестійкості. Воду заповнюють колони каркаса будівлі, в окремих випадках також водою заповнюють балки перекриттів [10]. Для цих цілей використовують воду з антикорозійними добавками, а для неопалювальних будівель - антифриз. Такі системи можуть бути з разовим наповненням під час пожежі, з постійним заповненням водою з природною або примусовою циркуляцією. Межа вогнестійкості захищених таким чином конструкцій, залежно від їх товщини та швидкості руху води, може досягати двох годин.

Для вогнезахисту методом теплоізоляції, в основному, використовують три способи:

- збільшення товщини захисного шару шляхом обкладання цеглою, бетонуванням, штукатуренням;
- встановлення теплоізолювальних облицювань (екранів);
- нанесення вогнезахисних покриттів.

Традиційним способом вогнезахисту сталевих колон є облицювання (обкладання) їх цеглою. Приклади облицювання колон цеглою наведено на рис.5.2 [10].

Щоб запобігти руйнуванню цегляної кладки внаслідок неоднакового теплового розширення колони та кладки, між ними влаштовують невеликий зазор. Саму кладку армують за допомогою сталевих анкерів, які зварюють із захисної конструкцією.

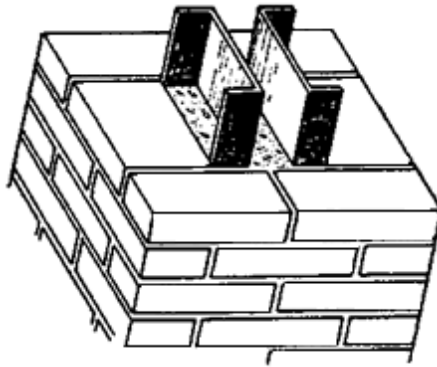


Рисунок 5.2 – Облицювання колон цеглою

Облицювання сталевих колон у півцеглини зберігається при всіх вогневих випробуваннях та забезпечує захист колон протягом 5 год. Колони, обкладені у чверть цеглини, за результатами випробувань, мали межу вогнестійкості 2 год 10 хв. У той же час, якщо в таких колонах простір між облицюванням та сталевим стрижнем заповнюють бетоном, шлаком, іншими негорючими матеріалами, то межа вогнестійкості такої конструкції може бути збільшена до 3 год.

Для захисних облицювань найчастіше використовують легкий бетон, керамічну цеглу, збірні плити з легких бетонів, порожнисте керамічне каміння, гіпсові, азбоцементні, скловолокнисті та мінеральні плити, штукатурку.

Вогнезахисні штукатурки виготовляють із суміші порожнистого заповнювача (перліт, вермикуліт) та в'язучої речовини (цемент, вапно, гіпс, рідке скло).

Перед нанесенням штукатурки металеві конструкції ретельно очищують від бруду та іржі та армують сталеву сіткою 3 з розміром вічка до 100 мм, прикріпленою до захищеної конструкції 2 анкерами 1 на відстані 10 мм від її поверхні. При використанні об'ємної сітки 5 (сітки рабиця) її можна накладати безпосередньо на поверхню конструкції.

При нанесенні штукатурки методом напівсухого торкретування в якості армуючих елементів можна використовувати Г-подібні шпильки 4, виконані з дроту діаметром 3-4 мм та завдовжки не менше 80 мм, які кріпляться до захищеної поверхні з кроком 200 мм та після приварювання відгинаються таким чином, щоб відстань від її кінцевих крайок до поверхні конструкції не перевищувала 10 мм. Кінці шпильок, суміжні з кутами конструкції, повинні виступати за крайки грані на 10 мм [10].

Колони та балки, виконані зі швелера або двотавра поличками назовні, перед кріпленням армуючої сітки 5 обертають склотканиною або фольгою 6, які закривають порожнини та знижують витрати теплоізоляційних матеріалів. З метою збільшення жорсткості облицювання використовують армований каркас 7.

Шар штукатурки завтовшки 25 мм, нанесений по металевій сітці, підвищує межу вогнестійкості сталеві колони до 50 хв, а шар товщиною 50 мм – до 2 год.

Вогнезахисні штукатурки наносять як на заводі, де виробляють будівельні конструкції, так і безпосередньо на новобудові вручну або механізованими способами.

Для захисту металевих конструкцій широко використовують різні теплоізоляційні плити, виконані з керамзиту, вермикуліту, мінеральної вати, керамічного волокна, азбоцементу. Межа вогнестійкості сталевих колон, захищеної гіпсовими плитами завтовшки 30 мм та шаром штукатурки 20 мм, досягає 2 год. До недоліків такого захисту слід віднести усадку гіпсових плит та наступне їх завалення при пожежі. Причиною усадки є фізико-хімічні процеси, які протікають у гіпсі під час нагрівання. Цю властивість плит усувають шляхом додання до гіпсу дрібного шлаку або деревної тирси об'ємом 2%.

Азбоцементні плити завтовшки 40 мм з шаром штукатурки 20 мм забезпечують захист сталевих колон також протягом 2 год. Керамзитові плити завтовшки 40 мм зі штукатуркою завтовшки 20 мм забезпечують двогодинний захист сталевих колон, а плити завтовшки 65 мм при тому ж шарі штукатурки збільшують межу вогнестійкості до 3,5 год.

Для підвищення вогнестійкості металевих конструкцій використовують й теплоізоляційні елементи, які оберігають поверхню, що захищають, від безпосереднього теплового впливу під час пожежі. З метою вогнезахисту горизонтальних конструкцій використовують вогнезахисні підвісні стелі, вертикальних конструкцій – вогнезахисні шкаралупи.

Одним з найперспективніших напрямків у галузі захисту сталевих елементів та конструкцій від вогню є використання спучуваних складів (фарб, обмазок), вогнезахисні властивості яких проявляються за рахунок збільшення товщини їх шарів та змінювання теплофізичних характеристик при інтенсивному тепловому впливі. Розглянемо дію таких складів на прикладі вогнезахисної інтумісцентної (такої, що спінюється під впливом високої температури) фарби Протект-1, розробленої на основі кислотного та вуглецевого донорів, стартових реактивів, органічного зв'язуючого [10].

Під впливом високої температури (більше 200 °С) кислотний донор розкладається й при цьому виділяється поліфосфатна кислота, під дією якої вуглецевий донор перетворюється в складний фосфатний ефір і воду. Ефір утворює суміш вуглецю, фосфатної кислоти та води. Через те, що такі реакції проходять за температурою 200-250 °С, вода перетворюється у пару, а вуглецево-фосфатнокисла суміш утворює піну, яка розширюється газами, що виділяються стартовими реактивами. Саме така піна й виконує вогнетермозахисні функції.

Для захисту горючих матеріалів від займання застосовують такі способи: термоізоляцію, вогнезахисне просочування, нанесення вогнезахисного покриття. Термоізоляція досягається при обштукатурюванні дерев'яних конструкцій, обшивці сталевими листами по азбесту чи повсті з глиною. Оброблення горючих матеріалів вогнезахисним покриттям полягає в тому, що на їх поверхню наносять густий шар спеціальної фарби, що складається з речовин, які самі по собі не горять, досить довго не руйнуються у вогні і мають низьку теплопровідність. Вогнезахисне просочування здійснюється антипіренами та їх водними розчинами (рідке скло, фтористий натрій, хлористий кальцій тощо). Цей спосіб оброблення деревини ефективніший ніж покриття вогнезахисною фарбою, однак дорожчий та трудомісткіший.

За просочуваністю породи деревини поділяють на три групи:

- 1 – легкопросочувані;
- 2 – помірно просочувані;
- 3 – важкопросочувані.

Основні способи вогнезахисного просочування деревини [10].

Поверхнєве просочування здійснюється нанесенням на поверхню деревини вогнезахисного засобу способами занурення, нанесення пензлем, обприскуванням.

Поверхнєве просочування має забезпечувати проникнення антипіренів вглиб деревного комплексу, не менше: для 1-ї та 2-ї груп просочуваності – 3 мм; для 3-ї групи просочуваності – 1 мм.

Просочування вимочуванням здійснюється способом вимочування та способом прогрів – холодна ванна. При останньому використовуються три варіанти:

- прогрів та просочування здійснюються у ванні з заміною гарячого розчину захисного засобу холодним без оголення виробів з деревини або заповнюванням ванни холодним розчином захисного засобу після прогріву просочуваної деревини паром;

- здійснюється прогрів та просочування в одній ванні, залишаючи захисний засіб в гарячому розчині до остигання;

- прогрів та просочування здійснюють у двох ваннах з перенесенням деревини, що просочується, з однієї ванни в іншу.

Просочування вимочуванням має забезпечити проникнення захисного засобу вглиб деревного комплексу, не менше: для 1-ї та 2-ї груп просочуваності – 5 мм; для 3-ї групи просочуваності – 3 мм.

Автоклавне просочування здійснюється під тиском в автоклавах такими способами: автоклавне просочування водорозчинними захисними засобами під тиском; просочування способом вакуум – атмосферний тиск – вакуум; автоклавне-дифузійне просочування; сушіння-просочування.

Автоклавне просочування повинно забезпечити проникнення захисних засобів вглиб деревного комплексу, не менше: для 1-ї та 2-ї груп просочуваності – 15 мм; для 3-ї групи просочуваності – 10 мм.

Під час просочування в автоклавах або методом гаряче-холодних ванн використовуються в ролі захисних засобів солі сірчанокиислого та фосфорнокиислого амонію. Солі амонію зменшують температуру обуглення деревини і тому ще в початковій стадії пожежі на її поверхні утворюється шар вугілля, зменшується теплота згоряння деревини, в результаті чого її самостійне горіння стає важким.

Поглинання деревиною сухих солей антипірену при глибокому просочуванні має складати не менше $66 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$ [10].

Тепер, беручи до уваги принцип ізоляції поверхні деревини від впливу теплового потоку, використовують різні лакофарбові покриття та обмазки, які спучуються під впливом полум'я та температури під час пожежі і таким чином

запобігають розкладу деревини протягом часу, який потрібен для виявлення та гасіння пожежі в приміщенні.

Вогнезахищену деревину за ефективністю вогнезахисту поділяють на дві групи:

I – деревина, що належить до важкогорючих матеріалів;

II – деревина, що належить до важкозаймистих матеріалів. Вогнезахищена деревина I групи включає такі три підгрупи:

IA – важкогорюча деревина, не здатна до самостійного горіння протягом тривалого часу в умовах розвиненої пожежі. При спеціальних випробуваннях середня втрата маси десяти зразків після двохвилинного впливу джерела запалювання повинна бути не більше 5%, максимальна температура димових газів – не більше 220 °С, самостійне горіння та тління відсутні;

IB – важкогорюча деревина, не здатна до самостійного горіння протягом тривалого часу в умовах розвиненої пожежі. При випробуваннях середня втрата маси десяти зразків має бути не більше 7%, максимальна температура димових газів – не більше 250 °С, час самостійного горіння та тління – не більше 1 хв;

IV – важкогорюча деревина, не здатна до самостійного горіння в початковій стадії пожежі. Допустима втрата при випробуваннях маси десяти зразків має бути не більше 9%, максимальна температура димових газів – не більше 350 °С, час самостійного горіння та тління – не більше 1хв.

Вогнезахищена деревина II групи – це важкозаймиста деревина, не здатна до горіння від малокалорійних джерел запалювання. При відповідних випробуваннях середня втрата маси десяти зразків повинна бути не більше 25%.

Вогнезахисні покриття для деревини випробують за методом, суть якого полягає у впливі полум'я пальника із заданими параметрами на зразок деревини з вогнезахисним покриттям або просоченням, який розміщується в керамічній трубі спеціальної установки, в умовах, що сприяють акумулюванню тепла, та визначенню втрати маси цих зразків деревини після вогневих випробувань.

Залежно від величини втрати маси цих зразків покриття чи просочувальний засіб належить до відповідних груп вогнезахисної ефективності:

I – засоби, що забезпечують одержання важкогорючої деревини;

II – засоби, що забезпечують одержання важкозаймистої деревини;

III – засоби, що не забезпечують вогнезахист деревини.

Періодичність повторного вогнезахисту деревини в період її експлуатації визначається відповідно до технічних умов на просочувальні склади [10].

Для перевірки якості вогнезахисту, виконаного поверхневими способами, можна використовувати експрес-метод. Зі зразків вогнезахищеної деревини, яка висушена до повітряно-сухого стану (досягнення рівноважної вологості), зрізають стружку (пробу) завтовшки до 1 мм. Загальна кількість проб з усіх зразків повинна бути не менше десяти, а при просочуванні одиначної великогабаритної продукції (конструкції, виробу тощо) – не менше десяти проб з кожної одиниці продукції. Проби мають зрізатися, як правило, з різних місць. Стружку деревини (пробу) поміщують в полум'я сірника та витримують

протягом 15 с. По закінченні цього строку експозиції визначають тривалість часу (здатність) самостійного горіння та тління стружки.

Поверхнєве вогнезахисне просочування визначається як якісне, а вогнезахисна деревина – такою, що відповідає II групі, якщо після видалення джерела вогню не менше 90 % проб не будуть підтримувати самостійного горіння та тління.

Вогнезахисна деревина при місцевому впливові на неї будь-якого джерела вогню може обуглюватися, однак полум'я, яке при цьому виникає, не повинно поширюватися по її поверхні, а обуглювання та руйнування повинно бути обмежене місцем прикладання джерела запалювання.

Вогнезахисне просочування здійснюється всіма способами, що забезпечують потрібну групу вогнезахисної ефективності. Вибір способу вогнезахисту деревини, захисного засобу проводять з урахуванням конструктивних, технологічних та техніко-економічних вимог, що висуваються до вогнезахисної деревини, та згідно з умовами її експлуатації.

Особливістю горіння ряду дерев'яних конструкцій є розповсюдження пожежі по порожнинах, які влаштовуються, зокрема, для вентилявання з метою запобігання гниттю деревини. Полум'я при пожежах всередині порожнин поширюється зі швидкістю понад $3 \text{ м} \cdot \text{хв}^{-1}$ і тривати такий процес може приховано. Тому порожнини необхідно виключати, а при їх наявності - заповнювати негорючими матеріалами або розділяти на секції по 3 м^2 діафрагмами з важкогорючих матеріалів.

Особливу увагу слід приділяти виявленню уражених вузлів дерев'яних конструкцій, здатних викликати їх передчасне завалення, та захисту таких вузлів. Дерев'яні конструкції мають випробовуватися або розраховуватися на вогнестійкість разом з вузлами кріплення, з'єднання, опорами, затяжками тощо.

8 Обмеження поширення пожежі між будинками та в середині будинків

Відповідно до ДБН В.1.1-7:2016 *обмеження поширення пожежі між будинками* досягається [22]:

- розміщення вибухопожежонебезпечних та пожежонебезпечних виробничих і складських будинків, зовнішніх установок, складів горючих рідин, горючих газів з урахуванням переважаючого напрямку вітру, а також рельєфу місцевості;

- встановленням протипожежних відстаней між будинками, зовнішніми установками, а також відкритими майданчиками для зберігання пожежонебезпечних речовин і матеріалів;

- зниженням пожежної небезпечності будівельних матеріалів, що використовуються в зовнішніх огорожувальних конструкціях, у тому числі облицювання, оздоблення, опорядження (далі – облицювання) фасадів будинків, а також у покриттях;

- застосуванням конструктивних рішень, спрямованих на створення перешкоди поширенню пожежі між будинками, наприклад: влаштування

протипожежних стін, обмеження площі віконних та інших прорізів у зовнішніх стінах, використання вогнестійкого скління віконних прорізів, протипожежних завіс (екранів) тощо.

Протипожежні відстані слід встановлювати залежно від призначення, категорії за вибухопожежною та пожежною небезпекою, ступеня вогнестійкості будинків. Визначення величини протипожежної відстані, якщо така величина не встановлена нормативним документом, може здійснюватися з використанням розрахункових або експериментальних методів.

Обмеження поширення пожежі в будинках досягається ДБН В.1.1-7:2016 [22]:

- застосуванням конструктивних та об'ємно-планувальних рішень, спрямованих на створення перешкод поширенню небезпечних чинників пожежі приміщеннями, між приміщеннями, поверхами, протипожежними відсіками та секціями; зменшенням пожежної небезпеки будівельних матеріалів (у тому числі облицювань), конструкцій, елементів систем електропроводки, що застосовуються у приміщеннях і на шляхах евакуації;

- зменшенням вибухопожежної та пожежної небезпеки технологічного процесу, використанням засобів, що перешкоджають розливанню та розтіканню горючих рідин під час пожежі;

- застосуванням систем протипожежного захисту (автоматичних систем пожежогасіння, систем протидимного захисту), а також інших інженерно-технічних рішень, спрямованих на обмеження поширення небезпечних чинників пожежі.

До протипожежних перешкод відносять:

- протипожежні стіни
- перегородки
- перекриття

Для заповнення прорізів у протипожежних перешкодах застосовують протипожежні: двері, ворота, вікна, люки, клапани, завіси (екрани).

Для захисту прорізів також використовують протипожежні тамбур-шлюзи.

Область застосування протипожежних дверей, воріт, люків. За способом монтажу найбільш широке застосування в будівлях і спорудах отримали однопільні протипожежні двері навісного типу. Дверні прорізи, захищені ними, використовують як евакуаційні виходи, якщо пристрої для самозачинення та ущільнення дверей в сінях не перешкоджають їх відкриванню з будь-якого боку без ключа. Розсувні і підйомно-опускні двері, ворота, люки застосовують в основному для захисту технологічних прорізів в складських приміщеннях і сушильних камерах. Розсувні і підйомно-опускні двері не влаштовують на шляхах евакуації. У вибухонебезпечних приміщеннях застосовують іскробезпечні двері, в яких для попередження іскріння від механічних впливів все труться, а також кромки полотна захищають латунню або іншим кольоровим металом.

Захист технологічних прорізів. При пропуску через протипожежні перешкоди різного роду комунікацій необхідно ретельно закладати шви і щілини,

як правило, цементним розчином. Для захисту періодично використовуваних технологічних прорізів застосовують протипожежні двері, ворота, люки, клапани та тамбур-шлюзи. Особливу турботу викликає захист прорізів при пропуску через них різного роду конвеєрів і технологічних ліній. Отвори в стінах для пропуску конвеєрів досить значні і часто служать причиною поширення пожежі. Прорізи для транспортерів, які переміщують штучні великогабаритні вироби, зазвичай захищають розсувними заслонами, спосіб самозачинення яких аналогічний описаному вище для розсувних протипожежних дверей. Оскільки заслони не забезпечують досить щільного перекриття отвору, їх доповнюють кругової водяною завісою. У всіх розглянутих випадках мінімальна межа вогнестійкості клапанів і заслонів відповідає типу і виду протипожежної перешкоди, в якій передбачають захист технологічного отвору.

Захист дверних і технологічних прорізів у протипожежних перешкодах [10]. Для захисту дверних та технологічних прорізів у протипожежних перешкодах застосовуються протипожежні двері, ворота, люки, клапани та тамбур-шлюзи. За способом навішування розрізняють навісні, розсувні і підйомно-опускні протипожежні двері (ворота). Всі протипожежні двері, що влаштовуються в протипожежних перешкодах, незалежно від способу установки обладнають механізмом для самозачинення. Навісних одностулкові двері є більш надійними, ніж двостулкові, так як забезпечують більшу щільність.

Протипожежна завіса. Протипожежна завіса являє собою пристрій для захисту порталних прорізів сцен клубів і театрів. Відповідно до норм проектування протипожежні завіси передбачають в будинках клубів, театрів та інших установ аналогічного призначення із залами для глядачів місткістю 800 місць і більше. Надійна і ефективна робота протипожежної завіси має велике значення для забезпечення безпечної евакуації глядачів і успішного гасіння пожежі. Це визначає конструкцію завіси, яка повинна володіти відповідним межею вогнестійкості, міцністю і газонепроницаемостью.

9 Противибуховий захист будівель та споруд

Головною ознакою вибуху є миттєва зміна тиску, що залежить від температури та об'єму продуктів горіння. Завдання попередження вибуху у виробничих будівлях та спорудах вирішують на стадії їх проектування з урахуванням не тільки економічної ефективності технологічного процесу, але й безпеки. Навантаження, яке виникає при вибуху, на огорожувальні будівельні конструкції може досягати сотень тисяч Паскалей, що значно перевищує допустимий тиск, при якому такі конструкції зберігають несучу здатність й цілісність. Ступінь руйнування конструкцій та будівель залежно від величини тиску вибуху наведена в табл. 5.5.

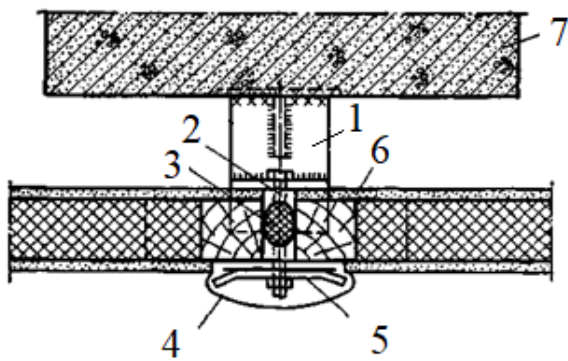
Для забезпечення вибухозахисту будівель слід прагнути того, щоб тиск вибуху не перевищував допустимого для будівельних конструкцій. У цих цілях використовуються легкоскидані конструкції [10].

Таблиця 5.5 – Ступінь руйнування конструкцій та будівель залежно від величини тиску вибуху

Надлишковий тиск на конструкції, Па	Ступінь руйнування конструкцій
$\Delta P_B \leq 5 \cdot 10^3$	Руйнування засклення, легких перегородок, розкриття легкоскиданих конструкцій, дверей, воріт
$5 \cdot 10^3 < \Delta P_B \leq 5 \cdot 10^4$	Руйнування плит покриття, перекриттів, покрівлі, цегляних стін завтовшки до 51 см, бетонних стін завтовшки до 26 см
$5 \cdot 10^4 < \Delta P_B \leq 10^5$	Руйнування будівель зі сталевим каркасом, цегляних стін завтовшки до 64 см, бетонних стін завтовшки до 36 см
$\Delta P_B > 10^5$	Повне руйнування цегляних та залізобетонних будівель

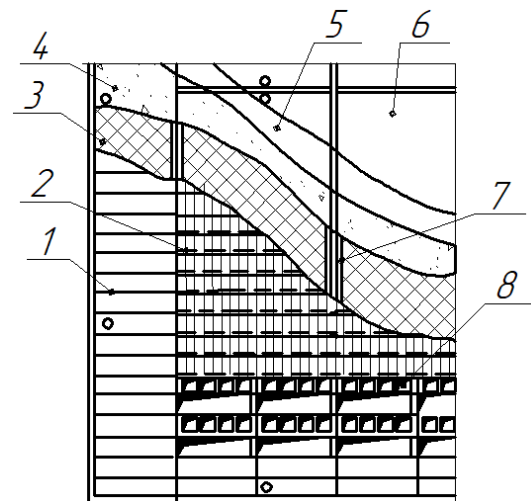
До легкоскиданих конструкцій належать стінові та покрівельні панелі, вікна, двостулкові двері та ворота, а також інші огорожувальні конструктивні елементи, руйнування та розкриття яких у разі вибуху має місце при надлишковому тиску, що не перевищує допустимого для основних несучих та огорожувальних конструкцій будівлі.

Стінові вибивні панелі являють собою полегшені огорожувальні конструкції, надійність спрацювання яких при вибуху забезпечується відповідним кріпленням до каркаса. Зміщення панелі виникає за рахунок її локального руйнування в місцях кріплення або руйнувань вузлів кріплення. Варіант поєднання легкоскиданих стінових панелей з каркасом будівлі наведений на рис. 5.2. При улаштуванні ділянок легкоскиданих покриттів використовуються спеціальні залізобетонні плити з отвором типу ПЛ (плита легкоскидана) або полегшені покрівельні панелі. Будова легкоскиданого покриття показана на рис. 5.3.



1 – анкер; 2 – кріпильний болт; 3 – герметик; 4 – нащільник; 5 – шайба; 6 – стінова тришарова панель; 7 – колона

Рисунок 5.2 – Схема кріплення стінових легкоскиданих конструкцій



1 – суцільні залізобетонні плити; 2 – азбоцементні листи; 3 – теплоізоляція; 4 – цементно-піщана стяжка; 5 – водоізоляційний килим; 6 – захисний шар; 7 – розкривні шви; 8 – плити

Рисунок 5.3 – Схема улаштування легкоскиданого покриття

Для забезпечення просторової роботи каркаса будівлі з легкоскиданою покрівлею по контуру, а також по середнім поздовжнім рядам колон укладають плити без отворів [10].

Недоліками такого роду покриттів є відносно велика маса, малий коефіцієнт прорізовості та наявність суцільного килиму м'якої покрівлі по основі. Наявність килиму м'якої покрівлі призводить до підвищення надлишкового тиску при вибуху. Тому саме при проектуванні легкоскиданих покриттів з вказаної покрівлі передбачаються розкривні шви, що розрізають рулонний килим та цементну стяжку.

Розкривні шви обов'язково передбачають на межах ділянок легкоскиданої конструкції покрівлі.

Значно збільшити коефіцієнт прорізовості й зменшити масу покриттів можна шляхом використання панелей із відповідних матеріалів. При використанні малорозмірних плит конструкції покриттів виконують з прогонами по балках або верхніх поясах ферм. Обпирання великорозмірних панелей виконують безпосередньо по кроквяних конструкціях.

Для улаштування покриттів, що вентилюються, використовують великорозмірні азбоцементні панелі. Така панель монтується з чотирьох поздовжніх азбоцементних швелерів, трьох поперечних азбоцементних діафрагм, двох плоских листів завтовшки 10 мм та мінераловатного утеплювача. При улаштуванні з цих панелей легкоскиданого покриття також потрібно передбачати розкривні шви.

Можна ефективно використовувати для ділянок легкоскиданих покриттів алюмінієво-пластмасові панелі, що складаються з облямування, плоских алюмінієвих листів завтовшки 1-2 мм та утеплювача.

Покриття по профільованому настилу, що використовуються у промисловості, також можуть бути використані під легкоскидану покрівлю при відповідному кріпленні до прогонів.

Найкращий ефект дають легкоскидані конструкції та елементи у вигляді засклених прорізів. Величина надлишкового тиску, що руйнує засклення, залежить від товщини, площини одного скла в рамі та співвідношення його сторін. При площі скла менше $0,8 \text{ м}^2$ руйнівний тиск різко зростає та може, в деяких випадках, перевищувати допустимий тиск на конструкції. Тому для віконних рам з площею одного скла менше нормованої величини необхідно передбачати поворотні шарніри або завіси. Залежно від розміщення осі обертання елементи засклення можуть бути верхньо-, нижньо- та середньопідвісними. За ефективністю спрацьовування легкоскидані конструкції (за усіма іншими рівними умовами) поступаються стіновим вибивним панелям. Отже їх потрібно передбачати тільки в таких випадках, коли за будь-якими причинами відсутня можливість улаштування засклення або стінових вибивних панелей [10].

При перевірці проєктних рішень противибухового захисту будівель на відповідність існуючим вимогам, в першу чергу, визначають перелік приміщень, де існує можливість вибуху.

Для локалізації ймовірного вибуху в межах одного приміщення вибивні елементи розміщують в зовнішніх огорожувальних конструкціях будівель, а приміщення з вибухонебезпечними технологічними процесами – коло зовнішніх стін або на верхніх поверхах багатоповерхових будівель.

Питання до самоконтролю:

1. Чим визначається категорія пожежної (вибухопожежної) небезпеки?
2. Що таке легкозаймиста рідина?
3. Наведіть категорії будівель за вибухопожежною і пожежною небезпекою.
4. Як визначаються вибухонебезпечні зони?
5. Як визначаються пожежонебезпечні зони?
6. Що таке межа вогнестійкості конструкції?
7. Які існують конструктивні характеристики будинків залежно від ступеня їх вогнестійкості.?
8. Назвіть основні властивості будівельних матеріалів.
9. Чим визначається довговічність будівлі?
10. Наведіть способи підвищення вогнестійкості залізобетонних конструкцій.
11. Назвіть основні способи вогнезахисту деревини.
12. Наведіть заходи та засоби по обмеженню поширення пожежі між будинками та в середині будинків.
13. Яким чином забезпечується противибуховий захист будівель та споруд?

ТЕМА 6. ОРГАНІЗАЦІЯ ЕВАКУАЦІЇ ЛЮДЕЙ У РАЗІ ПОЖЕЖІ

Мета вивчення теми

Проаналізувати фактори, що створюють загрозу для людини під час пожежі, ознайомитися з вимогами щодо проектування шляхів евакуації, розглянути основні принципи розробки плану евакуації з будівель та місць з масовим перебуванням людей.

План

1. Фактори, що створюють загрозу для людини, яка перебуває в зоні пожежі.
2. Особливості проектування шляхів евакуації.
3. Вимоги щодо оформлення плану евакуації з будівель та місць з масовим перебуванням людей.
4. Заходи з протидимного захисту споруд.

Основні терміни

Токсичні продукти горіння, показник токсичності продуктів горіння, вогонь та променисті потоки, підвищена температура середовища, дим, недостатність кисню (знижена концентрація), вибухи, витікання небезпечних речовин, що відбуваються внаслідок пожежі, руйнування будівельних конструкцій, ураження електричним струмом, евакуаційні виходи, евакуаційні шляхи, евакуація по сходах і сходових клітках, план евакуації, протидимний захист споруд

1 Фактори, що створюють загрозу для людини, яка перебуває в зоні пожежі

Пожежі є одними з найбільш руйнівних стихійних лих. Найнебезпечніші з них – загоряння будівель і споруд, оскільки вони безпосередньо загрожують здоров'ю і життю людини. В результаті таких пожеж люди отримують опіки, пошкодження, отруєння дихальних шляхів, позбавляються даху і майна.

Виходячи з аналізу пожеж та загибелі людей на них, можна зробити висновок, що **найсуттєвими факторами, які створюють загрозу для життя та здоров'я людини, яка перебуває в зоні пожежі, є [10]:**

- токсичні продукти горіння;
- вогонь та променисті потоки;
- підвищена температура середовища;
- дим;
- недостатність (знижена концентрація) кисню;
- вибухи, та витікання небезпечних речовин, що відбуваються внаслідок пожежі;
- руйнування будівельних конструкцій;
- ураження електричним струмом;
- паніка.

За оцінками експертів, встановлено, що більшість людей гине на пожежах внаслідок отруєння токсичними продуктами горіння.

Токсичні продукти горіння. Основними з них є оксиди вуглецю та сірки, аміак, газоподібні соляна (хлористоводнева) і синильна (ціанистоводнева) кислоти, ароматичні та аліфатичні вуглеводні, аліфатичні альдегіди.

Показник токсичності продуктів горіння – це відношення кількості матеріалу (речовини) до одиниці об'єму замкнутого простору, в якому газоподібні продукти горіння матеріалу (речовини), спричиняють до загибелі 50% піддослідних тварин.

Частіше за все під час пожежі люди отримують смертельне отруєння карбон (II) оксидом (СО, чадний газ), який небезпечний тим, що в 200-300 разів інтенсивніше реагує з гемоглобіном крові, ніж кисень. Внаслідок цього кров'яні тільця втрачають здатність постачати організм киснем, що викликає кисневе голодування, гіпоксію, порушення координації рухів, депресію. Людина втрачає здатність розмірковувати, її поведінка стає неадекватною – вона втрачає бажання уникнути існуючої загрози та не здійснює заходів до власного рятування.

Можливе припинення дихання, смерть. Підвищена небезпека оксиду вуглецю пояснюється не тільки його високою токсичністю, але й відносно великою концентрацією в продуктах горіння.

Карбон (IV) оксид (CO_2) може призвести до смерті через декілька хвилин при відносно великій концентрації 8-10%, яка на пожежах зустрічається досить рідко. Однак і при менших концентраціях діоксид вуглецю небезпечний у зв'язку з тим, що викликає прискорене дихання, яке в свою чергу призводить до збільшення поглинання організмом інших токсичних продуктів горіння. Так, при концентрації CO_2 2% частота дихання збільшується в 1,1 рази, а при 6% – в 1,5 рази.

Гідроген хлорид (HCl , хлористий водень) викликає набряк трахеї та легенів, подразнення очей та дихальних шляхів, може викликати серйозні пошкодження слизової оболонки. У людини з'являється печія у грудях, спазми в горлі, неможливість дихання. Смерть настає від ядухи.

Гідроген ціанід (HCN , синильна кислота), або синильна кислота, – найбільш токсична речовина, що зустрічається на пожежах, її вплив полягає в припиненні доступу кисню до тканин організму, що послаблює серцеву діяльність та заважає диханню.

В якості критичної концентрації продуктів горіння доцільно приймати не смертельно небезпечне значення, а таке, за яким має місце втрата здатності до пересування. Наприклад, при концентрації оксиду вуглецю у повітрі $3,6 \text{ г/м}^3$ через декілька хвилин впливу втрачається координація рухів та евакуація стає неможливою.

В табл. 6.1 наведені орієнтовні критичні значення токсичних продуктів горіння [10].

Таблиця 6.1 – Орієнтовні критичні значення токсичних продуктів горіння

Найменування речовини	Величина критичного значення, г/м^3
Ціанистий водень	0,2
Фосген	0,2
Оксиди азоту	1,0
Сірководень	1,1
Хлористий водень	3,0
Оксид вуглецю	3,6
Сірчистий ангідрид	8,0
Діоксид вуглецю	162,0

Продукти горіння потрапляють при диханні, через шлунково-кишковий тракт та відкриті рани. Біологічний вплив продуктів горіння підсилюється дією на людину навантажень: механічних, теплових, фізичних, психічних тощо. При цьому продукти горіння здатні накопичуватися в організмі, виводитися з нього, біотрансформуватися. Рівень впливу таких речовин визначається віком, наявністю захворювань, станом організму.

Вогонь та променисті потоки. Критерієм ураження організму людини тепловим випромінюванням полум'я та вогневих куль є величина теплової дози, що визначається значенням теплового потоку, який діє на людину, а також тривалістю опромінювання.

Відкритий вогонь надзвичайно небезпечний, але випадки його безпосередньої дії на людей досить рідкі. Небезпеку являють також променисті потоки. Найбільша інтенсивність таких потоків спостерігається при пожежах технологічних установок. У таких випадках людина без спеціальних засобів захисту неспроможна наблизитися до палаючого устаткування ближче ніж на 10-15 м. Небезпечні для людей значення променистих потоків наведені в табл. 6.2 [10].

Таблиця 6.2 – Небезпечні для людей значення променистих потоків

Величина інтенсивності теплової радіації, Вт/м ²	840	1400	2100	2800	3500	7000
Тривалість часу, протягом якого людина може переносити цю інтенсивність радіації, с	360	150	40-60	30-40	10-30	5-11

В якості критичного значення променистих потоків можна приймати величину 3000 Вт/м², за якої час до виникнення больових відчуттів складає 10-15 с, а тривалість часу, за який людина переносить це значення теплової радіації, – 30-40 с.

Підвищена температура середовища. Вплив на людину температури більше 100 °С в умовах пожежі призводить до втрати свідомості та загибелі вже через декілька хвилин. Вдихання розігрітого повітря й продуктів горіння призводить до ураження й некрозу верхніх дихальних шляхів. Підвищена температура здатна викликати також опіки шкіри.

Небезпечною температурою для людини при пожежі в приміщеннях прийнято вважати температуру, що перевищує 55 °С.

Як показали випробування, що проводилися в Канаді, у вологій атмосфері, яка є типовою для початкової стадії пожежі, опіки другого ступеня викликає температура 55 °С при тривалості впливу 20 с, температура 70 °С – протягом 1 с.

Дим – видимі тверді та (або) рідкі частинки в газах, що утворюються в результаті горіння або піролізу матеріалів. Являє собою велику кількість найдрібніших частинок незгорілих речовин, що зважені у повітрі. Активно впливає на слизову оболонку органів дихання, викликає сльозотечу, сильний кашель, навіть набряк легенів. Крім того, дим усередині приміщень непрозорий, що значно ускладнює орієнтування людей у просторі, порушує організований рух, значно підвищує час евакуації або робить її зовсім неможливою.

Недостатність кисню (знижена концентрація) викликається зниженням його концентрації під час горіння речовин і матеріалів в умовах пожежі [10].

У нормальній атмосфері міститься близько 21 % кисню. Зменшення його концентрації лише на 3 % здатне викликати погіршення рухових функцій організму. Небезпечною вважається концентрація 14 % кисню, бо при цьому втрачається координація рухів, погіршується здатність адекватно оцінювати навколишню ситуацію, ускладнюється евакуація людей. При вмісті кисню 10-11 % смерть настає протягом декількох хвилин.

При понижених концентраціях кисню на пожежах утворюється продукт неповного згорання вуглецю – СО, вплив якого на людину було наведено вище.

Вибухи, витікання небезпечних речовин, що відбуваються внаслідок пожежі. Пожежі на окремих підприємствах, які мають технологічне устаткування та установки під високим тиском, ємності та трубопроводи з хімічно активними рідинами та небезпечними газами, можуть викликати вибухи та розгерметизацію устаткування, внаслідок чого люди, що перебувають поблизу, можуть підпадати під дію вибухової хвилі, дістати ураження металевими уламками, хімічні опіки та отруєння. Такі техногенні наслідки аварій, викликаних пожежами, суттєво впливають і на психіку людей, що, у свою чергу, значно ускладнює успішну евакуацію й надання їм ефективної допомоги.

Руйнування будівельних конструкцій. Відбувається внаслідок втрати несучої здатності під впливом високих температур та вибухів. Залежить від ступеня вогнестійкості будівельних конструкцій, тривалості теплового впливу, потужності вибухової хвилі. Людина може отримати значні механічні травми, опинитися під уламками завалених конструкцій. До того ж можуть бути просто зруйновані шляхи евакуації, завалені евакуаційні виходи.

Ураження електричним струмом. Враховуючи високу електронасиченість сучасних об'єктів та руйнівну дію пожежі, цілком можливі ураження людей електричним струмом і отримання ними електротравм. Безпосереднє ураження можливе від струмів витікання, контакту з оголеними провідниками та окремими елементами будівель і споруд, що можуть перебувати під напругою.

Паніка. Жахливе явище, здатне призвести до масової загибелі людей. Опинившись у зоні пожежі (для більшості людей це трапляється вперше у житті), людина потрапляє в так звані екстремальні умови. Під впливом вищенаведених факторів пожежі фізичний і особливо морально-психічний стан людини може швидко зазнати суттєвих змін, поведінка повністю вийти як з-під власного, так і з-під стороннього контролю. Втрачаючи в такому разі здатність об'єктивного аналізу й сприйняття навколишньої обстановки, людина може несвідомо діяти сама собі на шкоду.

Отже, під час пожеж у будинках і спорудах, які відносяться до об'єктів з масовим перебуванням людей можливі наступні пожежні ризики [10]:

- наявність великої кількості людей, яким загрожують небезпечні фактори пожежі;
- наявність категорії людей з непередбачуваною поведінкою (хворі, малі діти тощо);
- виникнення паніки;
- наявність людей з обмеженими фізичними можливостями;
- наявність людей, у яких стресова ситуація може спровокувати погіршення здоров'я;
- задимлення на поверххах, де відбувається горіння, на нижче та вище розташованих поверххах;
- поширення вогню та токсичних продуктів горіння у вертикальному напрямку як усередині будівлі, так і ззовні;

- задимлення сходових кліток і верхніх поверхів через шахти ліфтів та інші вертикальні канали;
- висока температура на шляхах евакуації та поверхах, де виникла пожежа (у коридорах і на сходових клітках);
- вибухи та спалахи;
- якщо кількість дверних і віконних прорізів обмежено, можливе підвищення температури до небезпечного для людини рівня не тільки в приміщеннях, де зона горіння, а й у сусідніх;
- велике горюче навантаження приміщень;
- поверхневе горіння матеріалів і речовин;
- швидке поширення вогню та диму через значну кількість дверей, вікон, побутових і технологічних отворів, комунікацій, балконів тощо;
- втрата цілісності, несучої здатності будівельних конструкцій та їх обвалення, поширення в цих місцях полум'я;
- горіння в порожнинах будівельних конструкцій та в завалах;
- наявність матеріалів, у разі горіння яких виділяються небезпечні хімічні речовини;
- заповнення приміщень вибухонебезпечними та токсичними леткими продуктами горіння, які не можна виявити візуально;
- пошкодження електромереж та електроприладів під напругою;
- пошкодження газових магістралей;
- розповсюдження пожежі на значні площі, задимлення великих об'ємів приміщень;
- складність планування рятувальних робіт.

2 Особливості проєктування шляхів евакуації

На кожному підприємстві необхідно дотримуватися протипожежного режиму, зокрема належно утримувати шляхи евакуації, щоб запобігти нещасним випадкам під час евакуації працівників у разі пожежі та інших надзвичайних ситуацій.

Від своєчасності та правильності евакуації працівників до безпечного місця у разі пожежі чи іншої надзвичайної ситуації залежить їхнє здоров'я і навіть життя [24].

На підприємствах необхідно вживати заходів, щоб створити умови для своєчасної та безперешкодної евакуації працівників у разі пожежі та їх захисту на шляхах евакуації від дії небезпечних чинників пожежі. Ці заходи забезпечують комплексом об'ємно-планувальних, конструктивних та інженерно-технічних рішень. Їх приймають, враховуючи:

- призначення;
- категорію за вибухопожежною та пожежною безпекою;
- ступінь вогнестійкості;
- умовну висоту або поверховість будинку;
- кількість працівників, яких потрібно евакуювати.

У разі пожежі людей евакуують шляхами евакуації через евакуаційні виходи, евакуаційні сходи та сходові клітки.

Основні вимоги до проектування шляхів евакуації визначає ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги» [22].

Сходи і сходові клітки, які призначені для евакуації людей та для проведення робіт пожежно-рятувальними підрозділами, та зовнішні пожежні драбини, які призначені для проведення робіт пожежно-рятувальними підрозділами, поділяють за типами відповідно до табл.6.3.

Таблиця 6.3 – Типи сходів, сходових клітинок та зовнішніх пожежних драбин

Типи	Планувальні та конструктивні рішення
Сходи	
С1	Внутрішні, що розміщуються в сходових клітках
С2	Внутрішні відкриті (без огорожувальних стін)
С3	Зовнішні відкриті
Звичайні сходові клітки	
СК1	З природним освітленням крізь вікна, що відчиняються, в зовнішніх стінах на кожному поверсі
СК2	З природним освітленням крізь заклені світлові ліхтарі в покритті, що відчиняються
Незадимлювані сходові клітки	
Н1	Із входом до сходової клітки з кожного поверху через зовнішню повітряну зону по відкритих назовні переходах по балконах, лоджіях, галереях та з природним освітленням на кожному поверсі крізь вікна в зовнішніх стінках
Н2	З підпором повітря до сходової клітки в разі пожежі, з природним освітленням на кожному поверсі крізь вікна в зовнішніх стінах та із входом до сходової клітки на кожному поверсі через протипожежні двері 2-го типу (крім дверей виходу зі сходової клітки безпосередньо назовні)
Н3	Із входом до сходової клітки на кожному поверсі через протипожежний тамбур-шлюз 1-го типу з підпором повітря в разі пожежі та з природним освітленням на кожному поверсі крізь вікна в зовнішніх стінах.
Н4	Без природного освітлення, з підпором повітря до сходової клітки в разі пожежі та із входом до сходової клітки на кожному поверсі через протипожежний тамбур-шлюз 1-го типу з підпором повітря в разі пожежі.
Зовнішні пожежні драбини	
П1	Вертикальна металева, що починається з висоти не більше ніж 2,5 м від рівня землі, має ширину не менше ніж 0,7 м та площадку перед виходом на покрівлю з огорожею заввишки не менше ніж 0,6 м. Починаючи з висоти 10 м драбина повинна мати дуги через кожних 0,7 м з радіусом заокруглення 0,35 м і з центром, віддаленим від драбини на 0,45 м.
П2	Маршова металева, що починається з висоти не більше ніж 2,5 м від рівня землі та має марші з ухилом не більше ніж 6:1, шириною не менше ніж 0,7 м, проступи шириною не менше 0,25 м, площадки не рідше ніж через 8 м по довжині маршу і огорожу заввишки 1,2 м з поручнями.
Примітка 1	У внутрішніх стінах сходових кліток типів Н1-Н4 допускається влаштовувати лише дверні прорізи та прорізи для системи підпору повітря.
Примітка 2	Вікна в зовнішніх стінах сходових кліток типів Н2 повинні бути такими, що не відчиняються

Частини будинків, які відділені протипожежними стінами 1-го типу (протипожежні відсіки), повинні бути забезпечені самостійними (окремими) шляхами евакуації, крім випадків, обумовлених у нормативних документах.

Приміщення, які розділені на частини перегородками, що трансформуються, або протипожежними завісами (екранами), повинні мати самостійні (окремі) евакуаційні виходи з кожної частини.

Ліфти, у тому числі пожежні ліфти, ескалатори та інші механічні засоби транспортування людей, а також засоби, що передбачені для рятування людей під час пожежі, в тому числі зовнішні пожежні драбини типу П1, П2, не слід враховувати під час проектування шляхів евакуації.

Не допускається розміщувати приміщення категорій А і Б за вибухопожежною та пожежною небезпекою безпосередньо над або під приміщеннями, призначеними для одночасного перебування понад 50 осіб.

Евакуаційні виходи, шляхи евакуації повинні мати позначення з використанням знаків безпеки згідно з ДСТУ ISO 6309, ДСТУ 7313, ГОСТ 12.4.026.

Проектування та влаштування евакуаційного освітлення слід здійснювати відповідно до вимог ПУЕ, ДБН В.2.5-23, ДБН В 2.5-28, ДБН В.2.5-56 та інших нормативних документів.

Евакуаційні виходи. Виходи відносяться до евакуаційних, якщо вони ведуть із приміщень:

- першого поверху – назовні безпосередньо або через коридор, вестибюль (фойє, хол), сходову клітку, сходи;

- будь-якого надземного поверху, крім першого: через коридор, хол (крім холу, зазначеного у підпункті а) пункту 7.3.1 цих Норм), вестибюль (фойє), покрівлю або її ділянку, що відповідає вимогам 7.3.12 цих Норм, до сходової клітки або сходів; безпосередньо до сходової клітки (сходів) [22];

- цокольного, підвального, підземного поверхів – назовні безпосередньо, через сходи, сходову клітку, які мають вихід назовні безпосередньо, або через коридор, який веде до таких сходів, сходової клітки. Допускається вихід назовні із зазначених сходів, сходової клітки влаштовувати через тамбур, який відокремлений від поверху суцільною протипожежною перегородкою 1-го типу;

- у сусіднє приміщення на тому ж поверсі, яке забезпечено виходами, зазначеними в попередніх підпунктах та цього пункту, крім випадків, обумовлених у нормативних документах.

До евакуаційного виходу відноситься вихід, що веде із експлуатованого виду покрівлі до сходової клітки або сходів.

Допускається передбачати:

- евакуаційні виходи з цокольних, підвальних і підземних поверхів через загальні сходові клітки будинку з окремим виходом назовні, який відокремлюється від іншої частини сходової клітки суцільною протипожежною перегородкою 1-го типу на висоту одного поверху, крім випадків, обумовлених у НД;

- евакуаційні виходи із вестибюля (фойє, холу), гардеробних, приміщень для куріння, санітарних вузлів, розташованих у цокольних, підвальних і підземних поверхах будинку громадського призначення у вестибюль (фойє, хол), коридор першого поверху по окремих сходах типу С2.

Евакуаційні виходи не влаштовуються через розсувні та піднімально-опускні двері й ворота, двері, що обертаються, та турнікети, що обертаються або розсуваються, за винятком розсувних дверей, які під час пожежі вручну відкриваються та функціонують як розтульні двері, за умови виконання вимог, що наведені у п 7.2.7 ДБН В.1.1-7:2016 [22].

Евакуаційні виходи назовні допускається передбачати через тамбури.

Ширину тамбурів або тамбур-шлюзів слід приймати більше за ширину виходів (прорізів) не менше ніж на 0,5 м (по 0,25 м з кожного боку прорізу), а глибину – більше за ширину виходу (прорізу) на 0,2 м, але не менше за 1,2 м, крім випадків, обумовлених у нормативних документах.

Із будинку, з кожного поверху, протипожежного відсіку, приміщення, а також з частини поверху, відокремленої суцільними стінами (перегородками), слід передбачати не менше двох евакуаційних виходів по самостійних (окремих) шляхах евакуації, які ведуть назовні, крім випадків, обумовлених у нормативних документах.

Допускається передбачати один евакуаційний вихід із таких приміщень:

а) приміщення з одночасним перебуванням не більше ніж 50 людей, якщо відстань від найвіддаленішої точки підлоги до зазначеного виходу не перевищує 25 м;

б) приміщення площею не більше ніж 300 м², розташованого у цокольному, підвальному, підземному поверхах, якщо кількість людей, які постійно перебувають у ньому, не перевищує 5 осіб. При кількості людей від 6 до 15 слід передбачати додатковий вихід через люк з розмірами не менше ніж 0,6 м × 0,8 м з вертикальними металевими сходами (скобами) або через вікно з розмірами не менше ніж 0,75 м × 1,5 м та з пристосуванням для виходу по металевих сходах (скобах). Зазначені металеві сходи (скоби) повинні мати такі параметри: ширина – не менше ніж 0,45 м, відстань між східцями по вертикалі – не більше ніж 0,3 м, нижня сходинка на висоті не більше ніж 0,5 м від рівня підлоги або нижньої поверхні приямка, відстань від сходів до стіни, до якої вони кріпляться, – не менше ніж 0,3 м;

в) цокольного, підвального, підземного поверхів площею не більше ніж 300 м² та призначених для одночасного перебування не більше ніж 5 людей. При кількості людей від 6 до 15 з поверху повинен передбачатися додатковий вихід відповідно до підпункту б) цього пункту.

Кількість евакуаційних виходів з будинку повинна бути не менша за кількість евакуаційних виходів з будь-якого його поверху.

Евакуаційні виходи повинні розташовуватися розосереджено.

Мінімальну відстань L , м, між суміжними евакуаційними виходами з приміщення слід визначати за емпіричною формулою:

$$L = 1,5 \cdot \sqrt{P} \quad (6.1)$$

де P – периметр приміщення, м.

Слід взяти до уваги, що відстань між евакуаційними виходами з приміщення вимірюється за периметром внутрішніх стін приміщення між найближчими краями прорізів евакуаційних виходів.

Висота та ширина у проясненні евакуаційних виходів (дверей) для будинків різного призначення встановлюється відповідними НД. При цьому висота цих виходів повинна бути не менша за 2,0 м, а ширина – 0,8 м. У разі влаштування на шляхах евакуації двостулкових дверей ширина у проясненні одного з полотен повинна бути не менша ніж 0,8 м, крім випадків, обумовлених у нормативних документах.

Ширина зовнішніх дверей сходових кліток і дверей, що ведуть зі сходових кліток до вестибюля, а також з вестибюля назовні, повинна бути не менша за нормовану (розрахункову) ширину сходових маршів, але не менша за ширину маршів, установлену в ДБН В.1.1-7:2016 [22].

Висоту дверей і проходів, що ведуть до приміщень, які призначені лише для розміщення інженерного обладнання та/або прокладання інженерних мереж без постійних робочих місць, допускається зменшувати до 1,9 м, а дверей, що є виходами на горище або суміщене покриття, – до 1,5 м, крім дверей евакуаційних виходів з експлуатованого виду покрівлі, зазначених у ДБН В.1.1-7:2016.

Двері евакуаційних виходів і двері на шляхах евакуації повинні відчинятися в напрямку виходу людей з будинків.

Не нормується напрямок відчинення дверей для:

- а) квартир у житлових будинках;
- б) приміщень з одночасним перебуванням не більше ніж 15 осіб, крім приміщень категорій А і Б за вибухопожежною та пожежною небезпекою, а також парильних саун;
- в) комор і технічних приміщень площею не більше ніж 200 м² і без постійних робочих місць;
- г) технічних поверхів площею не більше ніж 200 м², в яких розміщується тільки інженерне обладнання та/або прокладаються інженерні мережі будинку, і в яких відсутні постійні робочі місця;
- д) балконів, лоджій (за винятком дверей, що ведуть до зовнішньої повітряної зони сходових кліток типу Н1);
- е) виходів на площадки сходів типу С3;
- ж) санітарних вузлів.

Двері евакуаційних виходів з коридорів поверху, сходових кліток, вестибюлів (фойє, холів) та інші двері на шляхах евакуації не повинні мати запорів, що перешкоджають їх вільному відчиненню зсередини без ключа у разі пожежі.

Пристроями для самозачинення та ущільненнями в притулах повинні бути обладнані двері виходів:

а) до сходових кліток усіх типів, у тому числі двері зовнішньої повітряної зони сходової клітки типу Н1, сходів типу С1, вестибюля (фойє, холу), а також до приміщення, в якому розташовані сходи типу С2;

б) з приміщень безпосередньо на сходові клітки, у вестибюль (фойє, хол), крім випадків, обумовлених у нормативних документах;

в) з ліфтових холів.

Із технічних поверхів, призначених тільки для розміщення інженерного обладнання та прокладання комунікацій будинку, допускається влаштовувати виходи назовні або до сходових кліток через: двері висотою не менше за 1,5 м та шириною не менше 0,75 м або люки у перекриттях (покриттях) з розмірами не менше ніж 0,6 м × 0,8 м, по вертикальних металевих сходах (скобах), що відповідають вимогам підпункту б) пункту 7.2.4 ДБН В.1.1-7:2016 [22].

При площі технічного поверху до 300 м² допускається влаштовувати один вихід. При площі поверху понад 300 м² слід передбачати не менше двох розосереджених виходів, а відстань від найбільш віддаленої точки поверху, що розташована між виходами, до найближчого виходу не повинна перевищувати 50 м, відстань до найближчого виходу із тупикової частини приміщення повинна бути не більше 25 м, крім випадків, обумовлених в нормативних документах.

Виходи з технічного поверху, який має позначку підлоги, нижчу за позначку поверхні землі, повинні влаштовуватися безпосередньо назовні. Допускається такі виходи проектувати згідно з ДБН В.1.1-7:2016, як для цокольних, підвальных і підземних поверхів.

Евакуаційні шляхи. Евакуаційні шляхи слід проектувати згідно з ДБН В.1.1-7:2016. Вони не повинні включати ділянки, що ведуть [22]:

а) через ліфтові холи й тамбури перед ліфтами у будинках із сходовими клітками типів Н1–Н4 та умовною висотою понад 26,5 м;

б) через приміщення, виходи з яких повинні бути закриті відповідно до умов експлуатації;

в) транзитом через сходові клітки, коли площадка сходової клітки є частиною коридора;

г) покрівлею будинку, за винятком: експлуатованого виду покрівлі; спеціально обладнаної ділянки покрівлі, що відповідає вимогам нормативних документів;

д) через протипожежні завіси (екрани).

Гранично допустима відстань по шляхах евакуації від найвіддаленішої точки підлоги приміщення (для приміщень виробничого призначення – найвіддаленішого робочого місця) до найближчого евакуаційного виходу в коридор, на сходи типу С3, сходову клітку або безпосередньо назовні повинна обмежуватися та прийматися з урахуванням призначення, категорії за вибухопожежною та пожежною небезпекою цього приміщення, ступеня вогнестійкості будинку, кількості людей, які евакуюються, геометричних параметрів приміщень та евакуаційних шляхів, розташування технологічного та іншого обладнання. Ця відстань вимірюється по осі евакуаційного шляху та

встановлюється нормативними документами з проектування будинків відповідного призначення.

Довжину шляху евакуації сходами типу С2 слід приймати такою, що дорівнює потрійній висоті їх маршів.

У будинках усіх ступенів вогнестійкості, крім будинків V ступеня вогнестійкості, на шляхах евакуації не допускається застосовувати будівельні матеріали з вищою пожежною небезпекою ніж:

а) Г1, В1, Д2, Т2 – для облицювання стін, стель і заповнення в підвісних стелях вестибюлів, сходових кліток, ліфтових холів;

б) Г2, В2, Д2, Т2 – для облицювання стін, стель і заповнення в підвісних стелях коридорів, холів і фойє;

в) Г2, РП1, Д2, Т2 – для покриттів підлог вестибюлів, сходів, сходових кліток, ліфтових холів;

г) В2, РП2, Д2, Т2 – для покриттів підлог коридорів, холів, фойє.

Допускається в коридорах, холах (окрім ліфтових холів), фойє влаштовувати підлоги з деревини.

У коридорах поверхів не допускається розміщувати:

а) обладнання, комунікації, які виступають з площини стін на висоті, меншій за 2 м, крім вертикальних комунікацій тепло- та водопостачання, які не зменшують нормовану (розрахункову) ширину евакуаційного шляху, а також випадків, обумовлених у нормативних документах;

б) трубопроводи та інші комунікації для транспортування горючих газів, рідин, матеріалів, пилоповітряних сумішей;

в) шафи, у тому числі вбудовані, за винятком шаф для комунікацій будинку та пожежних кран-комплектів. При цьому шафи для пожежних кран-комплектів та для комунікацій повинні виконуватися з негорючих матеріалів та не зменшувати нормовану (розрахункову) ширину евакуаційного шляху.

Коридори поверхів завдовжки понад 60 м слід поділяти протипожежними перегородками 2-го типу на ділянки довжиною не більше 60 м, крім випадків, обумовлених у нормативних документах.

У будинках з умовною висотою понад 26,5 м зазначені перегородки повинні бути протипожежними 1-го типу.

Висота та ширина шляхів евакуації встановлюється нормативними документами відповідно до призначення будинку. При цьому висота шляхів евакуації повинна бути не меншою ніж 2,0 м, а їх ширина – 1,0 м.

Ширину проходів до одиночних робочих місць у межах одного приміщення допускається зменшувати до 0,7 м.

За наявності дверей, що відчиняються з приміщень у коридори поверхів (крім поверхів житлових будинків), ширину евакуаційних шляхів по коридору слід приймати такою, що дорівнює ширині коридора, яку зменшено:

а) на половину ширини найширшого дверного полотна – при розташуванні дверей з одного боку коридора;

б) на ширину найширшого дверного полотна – при розташуванні дверей з двох боків коридора.

Відчинення дверей, що ведуть до сходової клітки (крім сходової клітки житлових будинків), не повинно зменшувати (перекривати) ширину евакуаційного шляху сходовою кліткою більше ніж на 0,2 м.

На підлозі по шляху евакуації не допускається влаштовувати перепади висот і виступи, за винятком:

- а) перепаду висот, на якому влаштовано пандус з ухилом не більше ніж 1:6;
- б) перепаду висот понад 0,45 м, на якому влаштовані сходи, що мають не менше трьох східців і огорожу з поручнями;
- в) порогів, які влаштовуються в евакуаційних виходах і мають висоту не більше ніж 0,05 м.

На шляхах евакуації не допускається влаштовувати гвинтові сходи та забіжні східці, а також сходові марші з різною шириною проступів та/або різною висотою присхідців у межах одного сходового маршу, крім випадків, обумовлених у нормативних документах.

У вестибюлях допускається розміщувати відкриті гардероби, огорожені робочі місця для охорони таким чином, щоб вони не перешкоджали евакуації людей. Огорожі робочих місць для охорони повинні виконуватися з негорючих матеріалів або матеріалів групи горючості Г1.

У будинках I, II, III ступенів вогнестійкості вестибюль, фойє, хол, через які влаштовується вихід назовні зі сходових кліток, повинні відокремлюватися від суміжних приміщень:

- протипожежними перегородками та перекриттям з класами вогнестійкості EI 60, REI 60 відповідно – у будинках I ступеня вогнестійкості;
- протипожежними перегородками 1-го типу, перекриттями 3-го типу – у будинках II, III ступенів вогнестійкості.

Допускається не відокремлювати вестибюль, фойє, хол протипожежними перегородками, перекриттями, якщо сходові клітка, крім виходу у вестибюль (фойє, хол), має вихід безпосередньо назовні.

Поверхневий шар ділянки покрівлі або поверхневий шар експлуатованого виду покрівлі, по якій передбачається евакуація людей, слід виконувати з негорючих матеріалів. Така покрівля (ділянка покрівлі) повинна бути розрахована на додаткові навантаження від людей під час евакуації, мати ширину не менше 1,2 м, огорожу заввишки не менш ніж 1,2 м та обладнана знаками безпеки щодо напрямку евакуації згідно з ДСТУ EN ISO 7010:2019.

Евакуація по сходах і сходових клітках. Ширина у просвіті сходового маршу повинна бути не менша за нормовану (розрахункову) ширину евакуаційного виходу (дверей) на сходову клітку зверху, на якому перебуває найбільша кількість людей. При цьому ширина сходового маршу не повинна бути меншою за 1,0 м, крім випадків, обумовлених у нормативних документах [22,10].

Ширина сходового маршу у просвіті визначається як відстань між стіною та його огорожею або між його огорожами. Така ширина не повинна перевищувати довжину проступів сходового маршу.

Ширина сходових площадок повинна бути не меншою за ширину маршу, а перед входами до ліфтів з розтульними дверима – не меншою за суму ширини маршу та половину ширини дверей ліфта (але не менше ніж 1,6 м).

Проміжні площадки у прямому сходовому марші повинні мати ширину не менше ніж 1 м.

Ширина проступів сходових маршів та окремих сходинок повинна бути не менше ніж 0,25 м, а висота сідця – не більше ніж 0,22 м, крім випадків, обумовлених у нормативних документах.

Допускається:

а) зменшувати до 0,22 м ширину проступів у вузькій частині криволінійних у плані сходів, які допускаються нормативних документах для використання під час евакуації людей;

б) зменшувати до 0,12 м ширину проступів сходів, що ведуть тільки до приміщення, в якому одночасно може перебувати не більше ніж 5 осіб (крім приміщень категорій А і Б за вибухопожежною та пожежною небезпекою).

Сходові клітки типу СК1 передбачаються в будинках будь-якого призначення з умовною висотою не більше ніж 26,5 м, крім випадків, обумовлених у нормативних документах. У зазначених будинках можуть передбачатися сходові клітки типів Н1, Н2, Н3, Н4.

Сходові клітки типу СК2 допускається передбачати в будинках І, ІІ, ІІІ ступенів вогнестійкості житлового та громадського призначення з умовною висотою не більше ніж 9 м, крім випадків, обумовлених у нормативних документах.

У будинках громадського призначення допускається передбачати не більше ніж 50 % сходових кліток типу СК2 від загальної кількості евакуаційних сходів та сходових кліток.

У житлових будинках секційного типу із сходовими клітками типу СК2 слід передбачати у кожній квартирі, розташованій вище першого поверху, вихід на відкритий балкон (лоджію) із суцільним простінком розміром не менше ніж 1,2 м від торця балкона (лоджії) до віконного (дверного) прорізу, або не менше ніж 1,6 м – між заскленними прорізами, що виходять на балкон (лоджію).

У будинках з умовною висотою понад 26,5 м слід передбачати незадимлювані сходові клітки типів Н1, Н2, Н3, Н4, крім випадків, обумовлених у нормативних документах. Кількість сходових кліток типу Н1 повинна бути не менше 50 % від загальної кількості незадимлюваних сходових кліток, крім випадків, обумовлених у нормативних документах.

Сходи типу С3 слід розміщувати біля зовнішніх стін будинку, що мають клас вогнестійкості не менше ніж REI 30, EI 30 або біля ділянки (частини) зовнішньої стіни, яка відповідає таким вимогам: висота ділянки дорівнює висоті зовнішньої стіни будинку або перевищує не менше ніж на 8 м висоту розташування сходів типу С3; ширина ділянки по горизонталі складає не менше ніж 4 м в кожную сторону відносно сходів типу С3; клас вогнестійкості ділянки стіни не менше ніж REI 30 (EI 30); вузли кріплення зовнішньої стіни – згідно з 6.18 цих Норм.

Вікна, що розташовані на відстані до 8 м по вертикалі від сходів типу С3 та/або до 4 м по горизонталі від сходів типу С3, повинні бути такими, що не відчиняються, та мати клас вогнестійкості не менше Е 30.

Сходи типу С3 слід виконувати з негорючих матеріалів. Ці сходи повинні мати ширину не менше ніж 0,8 м, площадки на рівні евакуаційних виходів та огорожі заввишки не менше 1,2 м.

Під час проєктування сходів типу С3 слід передбачати заходи щодо захисту від обледеніння маршів, проступів і площадок.

Висота розташування сходів типу С3 визначається за найвищим рівнем (поверху) виходу на сходову площадку.

Евакуація людей тільки сходами типу С3 допускається, якщо це передбачено у нормативних документах.

У сходових клітках, сходах не допускається розміщувати:

а) обладнання, яке виступає за площину стін на висоті до 2,2 м від поверхні проступів маршів і сходових площадок;

б) паропроводи, газопроводи, трубопроводи для транспортування горючих рідин, повітроводи;

в) шафи, в тому числі вбудовані, крім шаф для пожежних кран-комплектів, які не повинні зменшувати нормовану (розрахункову) ширину площадки сходової клітки;

г) системи електропроводки, крім прихованої електропроводки для освітлення коридорів і сходових кліток;

д) вбудовані приміщення будь-якого призначення;

е) ліфти, крім ліфтів, зазначених у ДБН В.1.1-7:2016, виходи з вантажних ліфтів і вантажних підйомників, сміттєпроводи.

У житлових будинках з умовною висотою до 26,5 м у сходових клітках типів СК1, СК2 допускається передбачати сміттєпроводи та приховану електропроводку для електроживлення квартир.

У сходових клітках типів Н1, Н2, Н3, Н4 допускається розміщувати тільки прилади водяного опалення, а також електромережі освітлення сходових кліток.

В об'ємі сходових кліток типів СК1, СК2 допускається розміщувати не більше двох пасажирських ліфтів, при цьому вони не повинні опускатися в цокольний, підвальний, підземний поверхи. Огороджувальні конструкції таких ліфтових шахт мають бути з негорючих матеріалів, їх межа вогнестійкості не нормується, огороджувальні конструкції кабін ліфтів також мають бути з негорючих матеріалів.

Зазначені у цьому пункті пасажирські ліфти не повинні бути гідравлічного типу.

Сходові клітки повинні мати вихід назовні на прилеглу до будинку територію безпосередньо або через вестибюль (фойє, хол) першого (основного) поверху. При цьому вестибюль (фойє, хол) слід відокремлювати від суміжних приміщень відповідно до ДБН В.1.1-7:2016 [22].

Сходові клітки типу Н1 повинні мати вихід тільки безпосередньо назовні. Сполучення сходової клітки типу Н2 з вестибюлем (фойє, хол) першого

(основного) поверху слід виконувати через протипожежний тамбур-шлюз 1-го типу з підпором повітря в разі пожежі.

При влаштуванні евакуаційних виходів з двох сходових кліток через загальний вестибюль (фойє, хол) одна з них, крім виходу до вестибюля (фойє, холу), повинна мати вихід безпосередньо назовні.

Площа вікон у зовнішніх стінах сходових кліток типу СК1 має бути не менше ніж $1,2 \text{ м}^2$, сходових кліток типів Н1, Н2, Н3 – як правило, не менше $1,2 \text{ м}^2$. Такі вікна слід передбачати на кожному поверсі будинку. Вікна сходових кліток типів СК1, Н1, Н3 слід обладнувати пристроями для їх відчинення з рівня сходових площадок, маршів.

У сходових клітках типу СК2 засклені світлові ліхтарі в покритті повинні мати площу не менше ніж 4 м^2 і люк для димовидалення площею не менше ніж $1,2 \text{ м}^2$ з дистанційним керуванням (з кожного поверху). Заповнення зазначених прорізів слід передбачати з армованого або загартованого скла.

Просвіт між сходовими маршами у сходових клітках типу СК2 повинен бути завширшки не менше ніж $0,7 \text{ м}$, якщо інше не обумовлено в нормативних документах.

Двері сходових кліток типів СК1, СК2, Н1, а також двері виходів на сходи типу С3 повинні бути суцільними або з армованим склом.

Системи підпору повітря (системи створення різниці тисків) у сходових клітках типів Н2, Н3, Н4 повинні відповідати вимогам ДБН В.2.5-56 та іншими нормативними документами.

У випадках, визначених у норма, сходові клітки типів Н2, Н4 слід поділяти по висоті на секції (відсіки) протипожежними перегородками 1-го типу для створення у їх об'ємі необхідного тиску повітря.

Незадимлюваність сходових кліток типу Н1 забезпечується конструктивними й об'ємно-планувальними рішеннями відкритих назовні переходів по балконах, лоджіях, галереях. Зазначені переходи не слід розташовувати у внутрішніх кутах зовнішніх стін будинку, що утворюють кут менше 90° .

У разі прилягання однієї частини зовнішньої стіни будинку до іншої під кутом менше ніж 120° включно необхідно, щоб відстань по горизонталі від вершини внутрішнього кута зовнішньої стіни до дверного прорізу входу на відкритий назовні перехід, а також до дверного прорізу виходу з цього переходу була не менше ніж 4 м . Зазначену відстань (4 м) може бути зменшено до величини виступу зовнішньої стіни. Дана вимога не розповсюджується на переходи, розташовані у внутрішніх кутах 120° і більше, а також на виступ зовнішньої стіни величиною не більше $1,2 \text{ м}$.

Довжина відкритого назовні переходу визначається з розрахунку, щоб відстань між осями дверних прорізів виходу з поверху на такий перехід і входу до сходової клітки була не менша за $2,2 \text{ м}$. Ширина переходу і висота його огорожі повинні становити не менше ніж $1,2 \text{ м}$. Ширина суцільного простінку між дверними прорізами повітряної зони та найближчим вікном приміщення повинна становити не менше ніж 2 м .

Двері входу на відкритий назовні перехід сходової клітки типу Н1 та двері виходу з цього переходу слід, як правило, розташовувати паралельно фасаду будинку в одній або паралельних площинах.

У будинках, крім житлових, допускається за умовами технології передбачати окремі сходи для сполучення між цокольним, підвальним, підземним поверхами та першим поверхом за умови виконання вимог п. 6.36 ДБН В.1.1-7:2016. Ці сходи не враховуються під час проектування шляхів евакуації, крім випадків, обумовлених у ДБН В.1.1-7:2016 [22].

Якщо зазначені сходи мають вихід у вестибюль (фойє, хол) першого поверху, то сходові клітки надземної частини будинку, які мають вихід у цей вестибюль, повинні мати також вихід безпосередньо назовні.

Відстань між виходом з цокольного, підвального, підземного поверхів у коридор або у вестибюль (фойє, хол) першого поверху та виходом із сходової клітки надземних поверхів повинна бути не менша за 5 м.

У будинках I та II ступенів вогнестійкості допускається передбачати сходи типу С2 із вестибюля першого поверху до другого поверху з урахуванням вимог п. 6.37 ДБН В.1.1-7:2016, крім випадків, обумовлених у нормативних документах.

У будинках громадського призначення I та II ступенів вогнестійкості з умовною висотою не більше ніж 26,5 м, а у будинках III ступеня вогнестійкості з умовною висотою не більше ніж 9 м допускається застосовувати сходи типу С2, що з'єднують більше двох поверхів, за умов виконання вимог п. 6.38 ДБН В.1.1-7:2016.

Крім сходів типу С2, зазначені будинки повинні мати сходові клітки, які відповідають вимогам цих Норм.

Ескалатори та траволатори у будинках слід проектувати відповідно до вимог, встановлених для сходів типу С2 у п. 7.3.33, п. 7.3.34 ДБН В.1.1-7:2016.

3 Вимоги щодо оформлення плану евакуації з будівель та місць з масовим перебуванням людей

План евакуації – це документ, у якому вказано шляхи евакуювання та евакуювальні виходи, визначено правила поведінки людей, а також порядок і послідовність дій обслуговувального персоналу.

Мета плану евакуації – зорієнтувати людей у маршруті виходу, коли в них лічені хвилини – наприклад, під час пожежі. Його наявність – вимога п. 5 розділу II Правил пожежної безпеки [5]. План евакуації використовують у протипожежних тренуваннях, інструктажах персоналу щодо правил поведінки при евакуюванні, та проведенні – аварійно-рятувальних робіт.

Правильно складений план евакуації повинен відповідати Правилам пожежної безпеки в Україні, затвердженим наказом МВС України від 31.12.2014 № 1417, та враховувати наступні вимоги:

- Технічного регламенту знаків безпеки і захисту здоров'я працівників, затвердженого постановою КМУ від 25.11.2009 № 1262;

- ДСТУ ISO 16069:2012 «Пожежна безпека. Графічні символи. Знаки безпеки. Системи позначення безпечного евакуювання»;
- ДСТУ EN ISO 7010:2019 «Графічні символи. Кольори та знаки безпеки. Зареєстровані знаки безпеки».

Загальна інформація про план евакуації

У плані потрібно зазначити:

- шляхи евакуації, евакуаційні виходи, що забезпечують організований рух людей назовні з приміщень, де є ймовірність впливу на них небезпечних факторів пожежі;
- розташування первинних засобів пожежогасіння, пожежних сповіщувачів, телефонів тощо;
- порядок дій під час пожежі.
- детальний план евакуації людей з будівлі необхідно розмістити у помітних місцях (наприклад, на інформаційних стендах, закріплених на стіні) на кожному поверсі. План має складатись із таких частин:
 - **текстова частина**, де зазначається способи управління евакуацією осіб, порядок та послідовність евакуації, відповідальні за евакуацію особи, номери аварійних пожежних команд та уповноважених підрозділів оперативного реагування ДСНС, правила надання *домедичної допомоги*, інформація щодо використання засобів пожежогасіння та інших інструментів для успішного проведення евакуації;
 - **графічна частина**, що складається зі схеми поверху або сектору приміщення та містить наочне зображення плану евакуації. У графічній схемі слід зобразити місце розташування інструментів пожежогасіння, систем виклику аварійних команд, телефонів тощо. Також, на схему наносяться напрямки руху осіб до найближчих евакуаційних виходів: внутрішніх сходових клітин, зовнішніх сходів, виходів на вулицю. Необхідно звернути увагу, *що під час пожежі користуватися ліфтами або іншими механічними підйомниками суворо забороняється*.

В дод. А наведені основні графічні умовні позначення, що використовуються на схемах евакуації.

4 Заходи з протидимного захисту споруд

Заходами з протидимного захисту споруд є [10]:

- обмеження розповсюдження продуктів горіння по будівлях та приміщеннях;
- ізоляція можливих місць виникнення пожежі;
- примусове видалення диму.

У безвіконних приміщеннях обов'язково передбачаються системи димовидалення з природною або механічною витяжкою продуктів горіння. Особливу увагу вимагає ізоляція приміщень, розташованих у підвальних та цокольних поверхах. Від вищерозташованих поверхів вони відділяються протипожежними перекриттями, які виконані з негорючих матеріалів. Такі

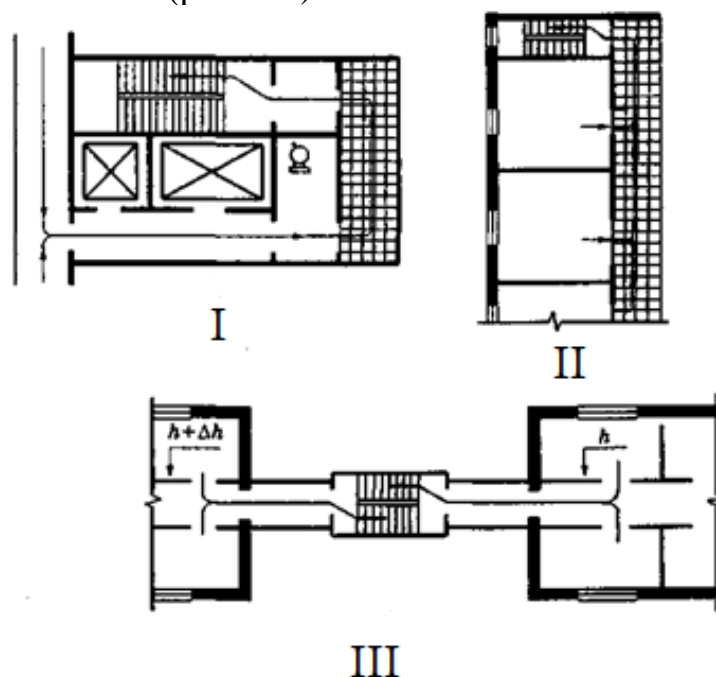
перекриття повинні прилягати до ділянок зовнішніх стін, що не мають заklenня, та не мати отворів і прорізів, через які можуть проникнути продукти горіння при пожежі. Підвальні та цокольні поверхи розділяють на відсіки. Для зменшення інтенсивності задимлення й випуску диму в кожному відсіку підвалу передбачають спеціальні віконні прорізи та приямки.

Значна увага приділяється питанням обмеження розповсюдження продуктів горіння по вертикальних та горизонтальних комунікаціях будівель. При перетинанні стін, перегородок, переkritтів різними комунікаціями зазори між ними та огорожувальними конструкціями необхідно наглухо замурувати будівельним розчином або мастикою із негорючих матеріалів. Обмеження розповсюдження диму по сміттєпроводах досягається надійною ізоляцією сміттєзбірних камер від суміжних приміщень, улаштуванням ущільнень в місцях стикування трубопроводів та кожухів приймальних клапанів зі стволом, виведенням оголовку сміттєпроводу вище рівня покрівлі з улаштуванням на ньому дефлектора.

Протидимний захист сходів забезпечується конструктивними, об'ємно-планувальними та спеціальними технічними рішеннями з урахуванням призначення будівель та їх поверховості, основними з яких є:

- ізоляція сходів від приміщень різного призначення на поверхах будівель;
- ізоляція сходів від підвалів;
- застосування пристроїв, що вивільняють сходи від диму.

Особлива увага приділяється протидимному захисту будівель підвищеної поверховості (10 та більше поверхів), в яких улаштовуються спеціальні незадимлювані сходові клітки (рис. 6.1).



I – з поповерховим переходом по лоджіях; II – вхід в сходову клітку через галерею; III – вхід в сходову клітку через відкритий перехід

Рисунок 6.1 – Принципова схема улаштування незадимлюваних сходових кліток [10]

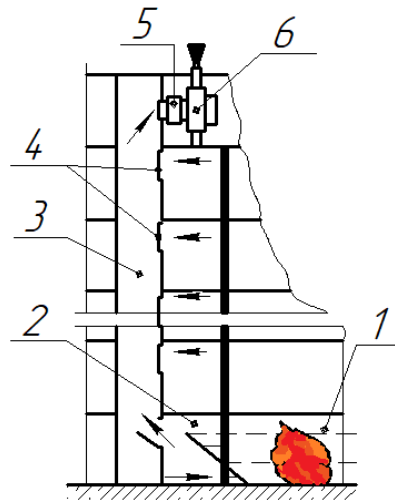
У незадимлюваних сходових клітках сходи відділені від усіх приміщень будівель глухими димонепроникними стінами з улаштуванням поповерхових входів в них через зовнішню зону по балконах, лоджіях або галереях.

У будівлях з 10 та більше поверхів для видалення диму з поповерхових коридорів і холів передбачається улаштування шахт димовидалення з примусовою витяжкою та клапанами на кожному поверсі. Принципова схема системи димовидалення наведена на рис. 6.2.

Особливі вимоги висуваються до поповерхових клапанів, які повинні бути достатньо герметичними та надійними в роботі в умовах високих температур (рис. 6.3).

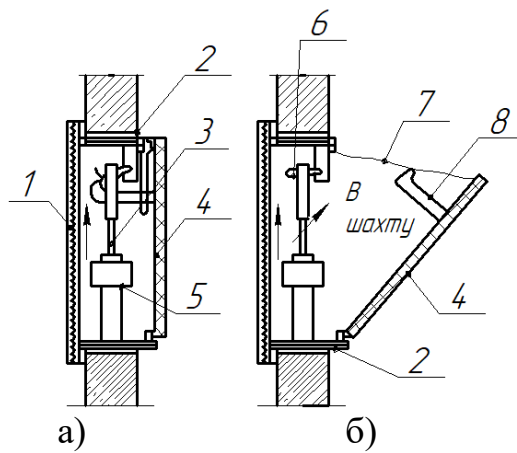
Клапан приводиться до дії шляхом подачі напруги на електромагнітний привід 5, який виштовхує шток 3 доверху, вивільняє від закріплення клямку 6 з гаком клапана 8. Клапан під дією розрідження, що утворюється вентилятором у шахті димовидалення, відкидається в шахту й пропускає продукти горіння всередину її.

Безпечні зони в будівлях підвищеної поверховості можна також створювати за допомогою вентиляційних систем протидимного захисту. Така система автоматично створює розрідження в зоні пожежі та надлишковий тиск у суміжних зонах, що виключає можливість розповсюдження диму на інші поверхи (рис. 6.4).



1 – приміщення, що горить; 2 – коридор; 3 – шахта; 4 – поповерхові клапани; 5 – шумопоглинальна вставка; 6 – вентагрегат

Рисунок 6.2 – Схема димовидалення в будівлях підвищеної поверховості



а – клапан закритий; б – клапан відкритий; 1 – решітка (сітка); 2 – корпус; 3 – шток; 4 – клапан; 5 – електромагнітний привід; 6 – клямка; 7 – трос; 8 – гак
Рисунок 6.3 – Схема клапана димового поперхового (КДП) [10]

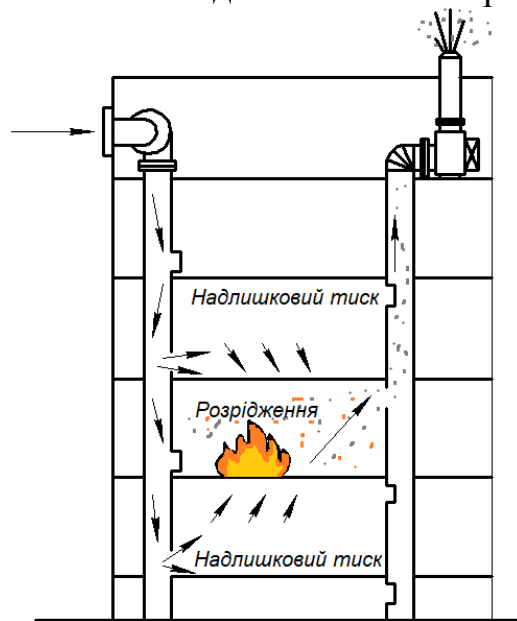


Рисунок 6.4 – Створення безпечних зон за допомогою вентиляційних установок (димовидалення)

Питання до самоконтролю:

1. Наведіть основні показники токсичності продуктів горіння.
2. Який вплив на людину температури в умовах пожежі?
3. Що являє собою дим?
4. До яких наслідків призводить недостатність кисню в умовах пожежі?
5. Назвіть основні ризики під час пожеж у будинках і спорудах.
6. Наведіть вимоги до облаштування евакуаційних виходів з будинків.
7. Наведіть особливості проєктування шляхів евакуації.
8. Які існують вимоги щодо оформлення плану евакуації?
9. Наведіть основні заходи з протидимного захисту споруд.

ТЕМА 7. ПОПЕРЕДЖЕННЯ ПОЖЕЖ ПРИ УЛАШТУВАННІ (ЕКСПЛУАТАЦІЇ) ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК

Мета вивчення теми

Ознайомитися з класифікацією електроустановок, розглянути вимоги і особливості щодо організації монтажу та експлуатації електромереж з точки зору забезпечення пожежобезпеки та до використання пристроїв блискавкозахисту.

План

1. Класифікація електроустановок.
2. Монтаж та безпечна експлуатація електромереж.
3. Запобігання пожежам: апарати захисту електроустановок.
4. Використання пристроїв блискавкозахисту.

Основні терміни

Електричні ізоляція, апарати захисту, захист від перевантажень, захист від коротких замикань, захист від струмів витоку, захист від зниження напруги, захист від імпульсних перенапруг, плавкий запобіжник, автоматичні вимикачі, теплові реле, диференційні автоматичні вимикачі, електромагнітна індукція, блискавкозахист, грозова активність, зовнішня система блискавкозахисту, внутрішня система блискавкозахисту, зона захисту блискавковідводу, рівень блискавкозахисту

1 Класифікація електроустановок

Значна кількість пожеж виникає внаслідок несправності та порушень правил експлуатації електротехнічних, електронагрівальних приладів, пристроїв та устаткування. Причинами таких пожеж є: короткі замикання в електричних ланцюгах; перегрів та загорання речовин і матеріалів, розташованих у безпосередній близькості від нагрітого електроустаткування; струмові перевантаження проводів та електричних машин; великі перехідні опори та ін.

Для забезпечення досягнення вибухопожежобезпечного використання електроустановок існує ряд спеціальних нормативних документів, виконання вимог яких є обов'язковим на всіх етапах проектування, монтажу та експлуатації, а саме:

- Правила пожежної безпеки в Україні, затверджені наказом МВС України від 30.12.2014 № 1417;
- Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів, затверджені наказом Мінпаливенерго України від 25.07.2006 № 258;
- Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів, затверджені наказом Держнаглядохоронпраці від 09.01.1998 № 4;
- Правила улаштування електроустановок (ПУЕ), затверджені наказом Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 21.07.2017 № 476.

За своїм функціональним призначенням електроустановки ділять на ті, що [10]:

- виробляють електричну енергію, – генератори;
- перетворюють електричну енергію, – перетворювачі напруги (трансформатори), перетворювачі частоти;
- передають електричну енергію від місць її вироблення та перетворення до електроспоживачів, – проводи, кабелі;
- розподіляють електричну енергію, – розподільні підстанції, вузли, щити, пристрої;
- споживають електричну енергію – електроспоживачі.

Вибір виконання електроустановки здійснюється згідно з вимогами ПУЕ залежно від класу зони за наявною класифікацією. Це є одним з головних напрямків у запобіганні пожежам від теплового прояву електричного струму. Правильний вибір способу виконання забезпечує зменшення ймовірності виникнення пожежі за умови підтримання допустимих режимів експлуатації устаткування.

Усі електродвигуни, світильники, електроустановки, встановлені у вибухонебезпечних або пожежонебезпечних зонах, повинні мати спеціальні позначки, що вказують ступінь їх захисту згідно з чинними стандартами.

На дверях виробничих та складських приміщень необхідно вивішувати спеціальні таблички з позначенням класу зони за ПУЕ та категорії приміщення за ДСТУ Б В.1.1-36:2016 [20].

2 Монтаж та безпечна експлуатація електромереж

Порушення встановлених правил монтажу та експлуатації електричних мереж може спричинити виникнення пожеж, аварій, нещасні випадки.

Вимоги до проведення електромонтажних робіт визначаються ПУЕ, інструкціями щодо монтажу та приймання монтажних робіт.

У разі монтажу електричних мереж у вибухонебезпечних зонах неприпустимо проводити самостійно будь-яку заміну деталей приладів, конструкції устаткування без попереднього погодження з проектувальником [10].

З метою попередження вибуху електрична проводка у вибухонебезпечних зонах повинна монтуватись особливо ретельно. У таких зонах найбільш надійною є електропроводка з мідними жилами у сталевих водогазопровідних трубах з відповідним антикорозійним покриттям, що забезпечує підвищений захист. Тонкостінні й некондиційні водогазопровідні труби використовувати для означених потреб неприпустимо. З'єднання труб між собою, з патрубками фітінгів, коробок та світильників, а також з електродвигунами виконують тільки на трубній різьбі.

Для відгалужень і з'єднань проводів і кабелів, протягування проводів у сталевих трубах повинні застосовуватись вибухозахищені коробки.

Під час монтажу слід звертати увагу на влаштування проходів (отворів) для труб крізь стіни з даної зони до сусідніх. При цьому необхідно виключити

можливість розповсюдження вибуху (вибухонебезпечних сумішей) до вибухобезпечних приміщень або назовні крізь нещільності у проходах або усадочні тріщини, що виникають.

Забороняється прокладати транзитні електропроводки і кабельні лінії крізь приміщення та склади з пожежонебезпечними зонами всіх класів.

Кабельні лінії прокладаються під землею у траншеях, тунелях, блоках, каналах. Такі кабельні споруди слід виконувати з негорючих матеріалів [10].

При виході кабельного каналу з приміщення назовні або при його переході до сусіднього вибухопожежобезпечного приміщення (без улаштування спеціальних ущільнень у проходах) канали необхідно засипати піском на 1,5 м по обидва боки від стіни, що створює умови для недопущення накопичення вибухонебезпечних сумішей.

Основною причиною виникнення пожеж в кабельних виробках є аварійні режими, найбільш небезпечні з них - короткі замикання та перевантаження.

Пожежна небезпека коротких замикань в кабельних виробках пов'язана, в основному, з високою температурою дуги в зоні замикання, яка досягає 2000-4000 °С та характеризується двома показниками:

- здатністю ізоляції проводів і кабелів займатися від нагрівання струмопровідної жили та від високої температури електричної дуги;
- здатністю утворювати в момент замикання розплавлені частинки (що горять), які розлітаються на значні відстані і можуть утворювати самостійні осередки пожежі.

Режим перевантаження в кабельних мережах визначається як аварійний режим, що виникає внаслідок неправильного вибору апаратів захисту, пошкодження електроспоживачів, в результаті чого струм, що протікає в кабельному виробі, перевищує номінальні значення.

Основними способами зниження пожежної небезпеки проводів та кабелів є [10]: використання в кабельній промисловості нових ізоляційних матеріалів зі зниженим газодимовиділенням, таких, що не поширюють горіння та мають високу термостійкість; захист кабельних ліній, що експлуатуються, за допомогою спеціальних вогнезахисних фарб та автоматичних систем пожежогасіння.

Якщо відключення робочого освітлення і пов'язане з цим порушення нормального обслуговування технологічного обладнання здатне призвести до вибуху, пожежі, отруєння людей, тривалого порушення технологічного процесу тощо, у виробничих приміщеннях слід передбачати улаштування аварійного освітлення. Живлення аварійного освітлення здійснюється від незалежного джерела.

Для запобігання утворенню великих перехідних опорів з'єднання, відгалуження та окінцювання жил проводів і кабелів мають здійснюватися тільки за допомогою опресування, зварювання, паяння або за допомогою спеціальних затискачів.

Вибухопожежобезпечність електричних мереж забезпечується відповідним доглядом і проведенням вчасних планово-профілактичних і капітальних ремонтів, систематичних оглядів їх технічного стану. Велике значення для

безперебійної і безаварійної роботи розподільних пристроїв має стан їхньої контактної частини, яку необхідно систематично перевіряти і ремонтувати. Система планово-профілактичних ремонтів (ППР) передбачає здійснення комплексу організаційних і технічних заходів, спрямованих на огляд, обслуговування і ремонт устаткування згідно з затвердженим планом. Після відпрацювання кожним електротехнічним агрегатом певної кількості годин здійснюють профілактичні огляди й різноманітні види планового ремонту (малий, середній, капітальний), черговість і періодичність яких визначається призначенням агрегату, особливостями його конструкції, габаритами, масою та умовами експлуатації.

Система ППР, якщо вона здійснюється у належному обсязі робіт і з дотриманням термінів, здатна ефективно запобігати спрацьованості устаткування, виключати можливість випадкових поломок, сприяти усуненню умов для виникнення пожеж.

Стан електричної ізоляції (її захисні якості) визначають шляхом вимірів опору під час проведення поточних ремонтів, але не рідше одного разу на три роки.

Коли приймається в експлуатацію електрична мережа, повинен бути технічний проект, узгоджений з енергопостачальною організацією, а також робочі креслення і документи: плани силової та освітлювальної мереж; розрахункові схеми, таблиці; схема захисного заземлення; протоколи випробування ізоляції і захисного заземлення; акти прихованих робіт тощо.

3 Запобігання пожежам: апарати захисту електроустановок

Для запобігання пожежам велике значення має правильний вибір і встановлення відповідних **апаратів захисту**.

- апарати захисту призначені для запобігання пожежонебезпечним наслідкам аварійних режимів роботи електроустаткування, таких як:

- розплавланню і загорянню ізоляційних матеріалів;
- розплавланню металу провідників і розлітанню крапель, нагрітих до високої температури;
- тривалому горінню електричної дуги, температура якої може сягати 4000 °С;
- обриву ділянок електропроводки в результаті динамічного впливу струмів короткого замикання (КЗ);
- передчасному старінню ізоляції.

Класифікація апаратів захисту за видом аварійного режиму, від наслідків якого здійснюється захист електричної мережі [25]:

- захист від короткого замикання, КЗ (здійснюється за допомогою плавкого запобіжника, автоматичного вимикача з розчіплювачем струмів КЗ – електромагнітним, комбінованим або напівпровідниковим);
- захист від перевантажень (здійснюється за допомогою плавкого запобіжника (за малих перевантажень – ненадійно), теплового реле,

автоматичного вимикача з розчіплювачем струмів перевантаження – тепловим, комбінованим або напівпровідниковим);

- захист від струмів витоку (здійснюється за допомогою пристроїв захисного вимкнення, ПЗВ);

- захист від зниження напруги (здійснюється за допомогою автоматичного вимикача з мінімальним або нульовим розчіплювачем напруги);

- захист від імпульсних перенапруг (здійснюється за допомогою пристроїв захисту від імпульсних перенапруг, ПЗІП).

Захист від КЗ повинні мати всі електричні мережі.

Захист від перевантажень повинні мати мережі житлових будинків і споруд громадського призначення, службово-побутових приміщень промислових підприємств, торгових установ, електромережі у вибухо- та пожежонебезпечних зонах. Силові мережі повинні мати захист від перевантажень, тільки якщо за умовами технологічного процесу може статися тривале перевантаження провідників.

Захист від струмів витоку за допомогою улаштування ПЗВ є обов'язковим для електричних мереж житлових будинків, будівель та споруд громадського призначення.

Захист від перенапруг, викликаних розрядами блискавки, рекомендується виконувати шляхом встановлення ПЗІП в електричних мережах на межах зон захисту від вторинних дій блискавки.

Класифікація апаратів захисту за принципом дії:

- роз'єднання кола в результаті розплавлення струмоведучого елемента (плавкий запобіжник);

- роз'єднання кола в результаті спрацьовування електромагніту (автоматичний вимикач з електромагнітним розчіплювачем);

- роз'єднання кола в результаті безпосереднього або непрямого нагрівання і вигинання біметалевого елемента апарата захисту (автоматичний вимикач з тепловим розчіплювачем, теплове реле);

- роз'єднання кола за допомогою напівпровідникового силового приладу (автоматичний вимикач з напівпровідниковим розчіплювачем);

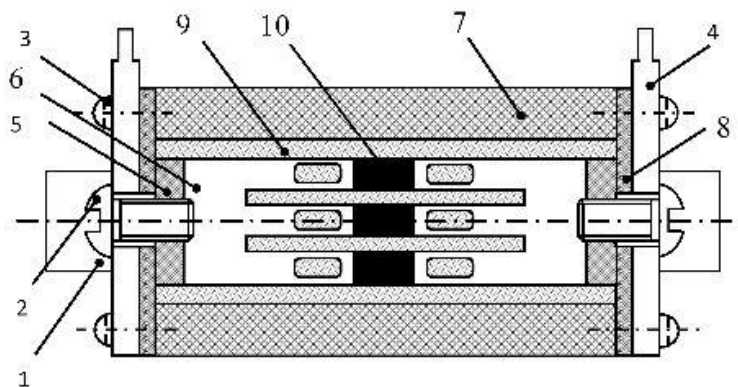
- роз'єднання кола за досягнення (перевищення) диференційним струмом заданої величини струму (пристрій захисного відключення, керований диференційним струмом (ПЗВД));

- шунтування електричного кола при виникненні імпульсної перенапруги (ПЗІП).

Класифікація апаратів захисту за ступенем захисту оболонки. За ступенем захисту оболонки апарати захисту повинні відповідати умовам навколишнього середовища. Апарати захисту у вибухозахищеному виконанні не випускаються. Як правило, апарати захисту встановлюються в розподільних пристроях, захисна оболонка (або вибухозахист) яких повинна відповідати умовам навколишнього середовища.

Плавкий запобіжник (рис. 7.1) – це пристрій, який при наявності струму, що перевищує допустимі значення, розтоплює плавку вставку і розмикає

електричну мережу. Він складається з самої плавкої вставки (тоненького дроту з легкоплавкого металу), контактної пристрою, що утримує її, та патрона (корпусу). Плавка вставка підлягає заміні після спрацювання запобіжника. Під час розплавлення вставки спостерігається іскроутворення, може виникати електрична дуга. Плавкі запобіжники надійно захищають мережі від струмів короткого замикання, але менш ефективні для захисту електричних мереж та апаратів від перевантаження.



1 – контакт; 2, 3 – гвинти; 4 – пластини кріплення; 5 – диски; 6 – плавка вставка; 7 – порцелянова трубка; 8 – азбестова прокладка; 9 – кварцовий пісок; 10 – свинцево-олов'яна напайка

Рисунок 7.1 – Конструкція плавкого пластинчатого запобіжника серії ПН-2

Технічні вимоги до плавких запобіжників регламентуються національним стандартом ДСТУ EN 60269-1:2017

Плавкий запобіжник складається з трьох основних частин: корпуса (призначений для монтажу складових елементів плавкого запобіжника), контактів (призначені для вмикання плавкого запобіжника в монтажну панель) і плавкої вставки (чутливий елемент). Деякі плавкі запобіжники оснащуються показчиком спрацювання (індикатором), який дозволяє візуально визначати стан (цілісність) плавкої вставки.

Принцип дії плавкого запобіжника базується на виділенні тепла струмом, що проходить по плавкій вставці. У нормальних умовах це тепло розсіюється в навколишнє середовище. Якщо кількість виділеного тепла перевищує кількість відведеного тепла, то його надлишок викликає підвищення температури вставки і вона перегоряє (плавиться або спрацьовує).

Корпус плавкого запобіжника виготовляється з негорючих полімерних матеріалів, скла, кераміки. Більшість плавких запобіжників виготовляється із закритим корпусом. Плавкі запобіжники із закритим корпусом можуть бути з наповнювачем і без нього. У плавких запобіжниках з наповнювачем електрична дуга, що виникає при розплавленні плавкої вставки, гаситься в порошкоподібному або зернистому наповнювачі, а у плавких запобіжниках без наповнювача – внаслідок високого тиску газів у корпусі.

Автоматичні вимикачі. Автоматичний вимикач (автомат) – це електромеханічний комутаційний апарат багаторазової дії, спроможний вмикати, проводити та вимикати струми при нормальному стані електричного кола, а

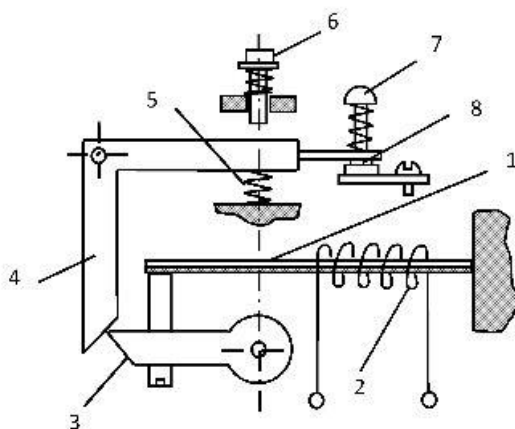
також вмикати, проводити протягом заданого часу й автоматично вимикати струми у визначених ненормальних режимах роботи електричного кола. Технічні умови до автоматичних вимикачів регламентуються національним стандартом ДСТУ 3025-95.

Автоматичні вимикачі за номінальної напруги та номінальної сили струму до 100 А повинні витримувати не менше 1500 вмикань, за номінальної сили струму від 100 до 630 А – 1000 вмикань, вище 630 А – 500 вмикань.

Автоматичний вимикач складається з таких основних частин: корпус, кришка, дугогасна камера, механізм керування, механізм вільного розчіплювання, розчіплювач (автоматичний вимикач може мати декілька розчіплювачів).

Теплові реле (рис. 7.2). Теплові реле застосовуються для захисту від перевантажень. Достатньо часто теплові реле для захисту від перевантажень електричних двигунів вбудовуються у магнітні пускачі.

Чутливим елементом теплового реле є біметалева пластина, що нагрівається струмом (подібно тепловому розчіплювачу автоматичного вимикача). Нагрівання біметалевої пластини може здійснюватися від спеціального нагрівального елемента, що вмикається паралельно біметалевій пластині (аналогічно тепловому розчіплювачу непрямої дії), або від струму в самій біметалевій пластині (розчіплювач із безпосереднім нагрівом), або комбіновано (розчіплювач зі змішаним нагрівом).



- 1 – біметалева пластина; 2 – нагрівальний елемент; 3 – засувка; 4 – важіль;
5 – пружина; 6 – кнопка; 7 – регулювальний гвинт; 8 – контакти

Рисунок 7.2 – Конструкція теплового реле з розчіплювачем із безпосереднім нагрівом

При проходженні струму перевантаження по нагрівальному елементу 2 біметалевої пластини 1 теплового реле її незакріплений кінець вигинається униз (у бік металу з меншим коефіцієнтом лінійного поширення) і звільняє засувку 3, яка, у свою чергу, звільняє важіль 4. Важіль 4 під дією пружини 5 повертається проти стрілки годинника і розмикає контакти 8. Кнопка 6 призначена для ручного повертання важеля 4 у вихідне положення. Гвинт 7 є регулювальним.

Пристрої захисного автоматичного вимикання живлення називається автоматичне розмикання одного або кількох лінійних (фазних) провідників і, у разі потреби, нейтрального провідника, яке виконується з метою електробезпеки:

Захисне автоматичне вимикання живлення забезпечується за допомогою ПЗВ.

ПЗВ не тільки забезпечує електробезпеку, але й запобігає пожежам. ПЗВ здійснює вимикання споживачів електричної енергії при виникненні струмів витоку, величина яких є значно меншою за струму КЗ. Тому ПЗВ запобігає нагріву провідників – тобто забезпечує пожежну безпеку.

Диференційні автоматичні вимикачі – це пристрій, що поєднує в одному апараті автоматичний вимикач та ПЗВ, тобто здійснює захист як від КЗ та перевантаження, так і від струмів витоку. Характеристики диференційного автомата поєднують у собі характеристики відповідно автоматичного вимикача та ПЗВ.

Пристрої захисту від імпульсної перенапруги. В електричних мережах може виникати імпульсна (короткочасна) перенапруга, викликана, наприклад, розрядом блискавки або перехідним процесом при комутації. Захистом електричних мереж від впливу перенапруги є улаштування ефективної системи заземлення, вирівнювання потенціалів та улаштування ПЗІП.

Пристрій захисту від імпульсної перенапруги (ПЗІП) – пристрій, призначений для обмеження перехідних перенапруг і для відводу імпульсного струму. Випускаються ПЗІП одноразової та багаторазової дії.

4 Використання пристроїв блискавкозахисту

Дія блискавки на будівлі та споруди проявляється у вигляді прямого удару блискавки в об'єкт, дії електростатичної та електромагнітної індукції і в занесенні високих потенціалів у будівлі і споруди [26].

Найнебезпечнішим є прямий удар блискавки в об'єкт, тому що при ньому протягом частки секунди (1-100 мкс) по каналу блискавки протікає струм силою 200-500 кА, розігриваючи його до 20 000 °С.

Електростатична індукція проявляється в наведенні потенціалів на наземних об'єктах у результаті змін електричного поля грозової хмари. Це створює небезпеку іскріння між металевими елементами конструкцій і обладнання.

Електромагнітна індукція – наведення потенціалів у незамкнених металевих контурах у результаті швидких змін струму блискавки, що створює небезпеку іскріння в місцях зближення цих контурів. Занесення високих потенціалів – перенесення наведених блискавкою високих електричних потенціалів у будівлі й споруди по зовнішніх металевих комунікаціях (наприклад, естакади, монорейки, канатні дороги, трубопроводи, електричні кабелі з металевими оболонками, прокладені в землі, каналах, тунелях тощо).

Індуктивні струми і заноси високих потенціалів, крім породжуваних ними іскрінь, можуть призводити до нагрівання металевих конструкцій і обладнання та запалювання горючих матеріалів і речовин, які знаходяться поблизу.

Близький удар блискавки внаслідок електромагнітної індукції створює також індуктовані перенапруги в електричних мережах, що викликає серйозну

небезпеку для ізоляції електроустановок, призводить до ураження людей електричним струмом, виникнення пожежі. У зв'язку з цим, необхідно приділяти увагу питанням блискавкозахисту будівель, електричних мереж, станцій, підстанцій та інших споруд.

Блискавкозахист – це сукупність заходів і технічних засобів для охорони будівель, споруд, обладнання та електричних пристроїв від дії блискавки.

Влаштування блискавкозахисту в Україні підтримується наступними документами:

- ДСТУ EN 62305-1:2012 Захист від блискавки. Частина 1. Загальні принципи (EN 62305-1:2011, IDT);

- ДСТУ IEC 62305-2:2012 Захист від блискавки. Частина 2. Керування ризиками (IEC 62305-2:2010, IDT) ;

- ДСТУ EN 62305-3:2021 Блискавкозахист. Частина 3. Фізичні пошкодження будівель (споруд) та небезпека для життя (EN 62305-3:2011, IDT; IEC 62305-3:2010, MOD) ;

- ДСТУ EN 62561-1:2019 Компоненти системи блискавкозахисту (LPSC). Частина 1. Вимоги до з'єднувальних компонентів (EN 62561-1:2017, IDT; IEC 62561-1:2017, IDT) ;

- ДСТУ EN IEC 62561-2:2019 Компоненти системи блискавкозахисту (LPSC). Частина 2. Вимоги до провідників та уземлювальних електродів (EN IEC 62561-2:2018, IDT; IEC 62561-2:2018, IDT).

Головна мета блискавкозахисту полягає в уникненні пожеж, пошкоджень будівельної конструкції, знищення електронного устаткування та інших проблем, що можуть виникнути в результаті удару блискавки.

Головний чинник, що визначає блискавкозахист, – **характеристика місцевості за грозовою активністю**. Вона залежить від рельєфу, клімату, характеристик ґрунту, рослинності тощо. Для розрахунку блискавкозахисту треба мати дані про грозову активність у районі розміщення об'єкта. На метеостанціях можна отримати кількість годин грозової активності на рік n_0 , год/рік. Від цієї активності залежить кількість уражень блискавкою на 1 км² поверхні. Якщо дані спостережень на метеостанції відсутні, то цю кількість можна приблизно розрахувати за формулою, км⁻² рік⁻¹ [27]:

$$n = 6,7 T_{гр}/100 \quad (7.1)$$

де $T_{гр}$ – середня тривалість гроз, год, визначена за картами інтенсивності грозової діяльності або за середніми багаторічними (не менш 10 років) даними метеостанції, найближчої до місця знаходження об'єкта.

Очікувана кількість ударів блискавки за рік по об'єкту, рік⁻¹ :

- прямокутної форми завширшки S , м, завдовжки L , м, і заввишки $h_{об}$, м,

$$N = [(S + 6 h_{об})(L + 6 h_{об}) - 7,7 \cdot h_{об}^2] n \cdot 10^{-6}, \quad (7.2)$$

- для зосередженого висотного об'єкту (башта, труба, вишка) заввишки $h_{об}$, м,

$$N = 9 \pi h_{об}^2 n \cdot 10^{-6}, \quad (7.3)$$

- для протяжного об'єкта завдовжки L , м (лінії електропередавання, зв'язку і т.п),

$$N = 6 L h_{об} n \cdot 10^{-6}, \quad (7.4)$$

Система блискавкозахисту складається із зовнішньої і внутрішньої систем блискавкозахисту.

Зовнішня система блискавкозахисту – частина системи блискавкозахисту, що складається з блискавкоприймачів, доземних провідників і уземлювачів.

Зовнішня система блискавкозахисту (LPS) призначена для того, щоб:

- вловлювати прямий удар блискавки в будівлю (з блискавкоприймачем);
- безпечно проводити струм блискавки в землю (використовуючи доземні провідники);
- розсіювати струм блискавки в землі (використовуючи уземлюючі пристрої).

Зовнішня LPS запобігає небезпечному іскрінню в будівлі завдяки зрівнюванню грозових потенціалів, забезпечення безпечної відстані (і електроізоляції) між компонентами зовнішньої LPS і іншими електропровідними елементами всередині будівлі.

Основні заходи захисту від блискавки і ураження людей електричним струмом внаслідок контактної і крокової напруги спрямовані на:

- зниження небезпечного протікання струму по тілу людини за допомогою ізолювання виступаючих струмопровідних елементів і (або) підвищення опору поверхні землі;
- зниження виникнення небезпечної контактної і крокової напруги за допомогою фізичних обмежень і (або) попереджувальних написів.

Зовнішня LPS може бути ізолюваною або не ізолюваною від захищеної будівлі.

Ізолювану LPS встановлюють в будівлях із займистим покриттям та стінами, або з зонами, в яких є ризик виникнення вибуху або пожежі. Внутрішня система блискавкозахисту – частина системи блискавкозахисту, що складається з системи вирівнювання грозових потенціалів і (або) пристроїв захисту від імпульсної перенапруги.

Внутрішня система блискавкозахисту призначена для вирівнювання потенціалів в струмопровідних комунікаціях та захисту електричного та електронного обладнання. Основним пристроєм системи внутрішнього блискавкозахисту є пристрій захисту від імпульсних перенапруг.

Основні компоненти блискавкозахисту включають наступне: грозозахисні блискавковідводи; грозозахисні заземлювачі; захист електричних систем; захист від надтисків і пожеж; грозозахисні системи для спеціальних об'єктів.

Грозозахисні блискавковідводи (або блискавкоприймачі) – це металеві конструкції, які встановлюють на даху будівлі і призначені для привертання блискавки. Вони відводять струм блискавки в безпечну для довкілля землю, запобігаючи його проникненню в будівлю.

Грозозахисні заземлювачі – це металеві електроди або системи електродів, які підключаються до грозозахисних блискавковідводів і занурюються у землю. Вони необхідні для відведення струму блискавки в землю і розподілу його безпечним шляхом.

Захист електричних систем включає в себе заходи для захисту електричних систем будівель від можливих пошкоджень, які можуть виникнути в результаті перенапруги, спричиненої ударом блискавки. Це може включати розрядники, захисні пристрої, грозозахисні фільтри та інші заходи.

Захист від надтисків і пожеж. При вибуху блискавки в близькості будівлі виникають надтиски, які можуть призвести до пошкодження структур будівель, вікон, дверей тощо. Для зменшення цього ризику використовуються віконні і дверні системи, які забезпечують стійкість до надтисків, а також протипожежні системи для запобігання поширенню вогню.

Грозозахисні системи для спеціальних об'єктів. Деякі спеціальні об'єкти, такі як аеропорти, радіомачті, телекомунікаційні вежі тощо, потребують спеціальних грозозахисних систем, оскільки вони мають високий ризик отримати удар блискавки або можуть мати важливу роль у комунікації та безпеці.

При виборі пристроїв блискавкозахисту для різних категорій будівель та споруд враховують важливість об'єкта, його висоту, розташування серед сусідніх об'єктів, інтенсивність грозової активності та інші характеристики.

Пристрої блискавкозахисту повинні відповідати таким основним вимогам [10]:

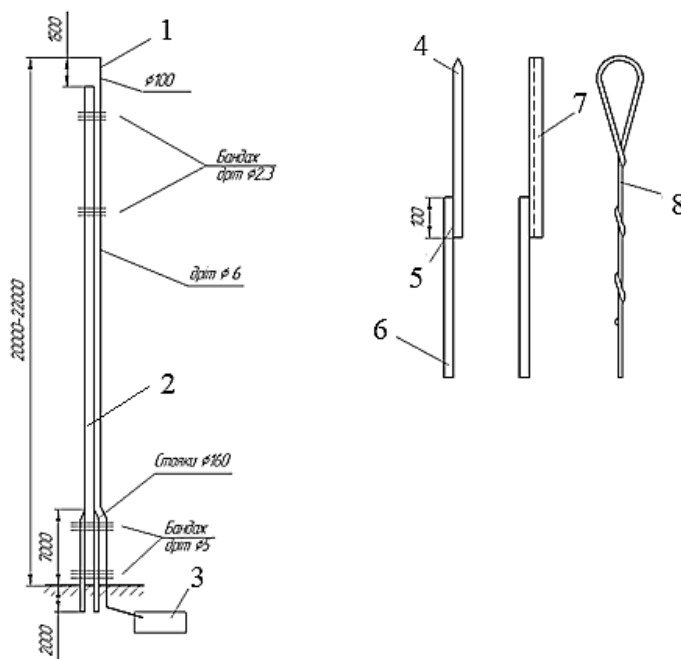
- відповідність типу блискавкозахисту характеру виробничого процесу в будівлі або споруді, а також на об'єкті в цілому;
- можливість типізації конструктивних елементів блискавкозахисту;
- значний строк служби, який має досягати понад 10 років;
- надійність дій усіх елементів блискавкозахисту;
- можливість застосування недорогих матеріалів та використання конструктивних елементів будівель;
- наочність монтажу, створення умов безпеки для персоналу об'єкта;
- легкий доступ до всіх елементів для проведення контролю, ремонту або відновлення;
- відносно нескладна експлуатація.

Конструктивно блискавковідвід складається з трьох основних частин (рис.7.3): блискавкоприймача, який безпосередньо сприймає удар блискавки; струмовідводу (спуску), що з'єднує блискавкоприймач з заземлювачем, та заземлювача, через який струм блискавки переходить безпосередньо в землю.

Заземлювальний пристрій 3, залежно від розмірів, розміщення та форми електродів, може бути: заглибленим (зі штаби, кутикової чи круглої сталі, прокладених по дну котловану для фундаменту будинку); вертикальним (зі стільних вертикально вкручених у землю стержнів довжиною 4,5-5 м або забитих електродів із кутикової сталі довжиною 2,5-3 м верхні кінці цих електродів заглиблені на 0,6-0,7 м і з'єднані між собою); горизонтальним (зі штаби, кутикової чи круглої сталі, прокладених у землі на глибині 0,6- 0,7 м); комбінованим (з вертикальних стержнів довжиною 2,5...3,0 м, верхні кінці яких заглиблено на 0,6...0,7 м у землю і з'єднано по контуру сталюю штабою, яку розміщують горизонтально на ребро). Тип заземлювача залежить від питомого опору ґрунту та необхідного імпульсного опору.

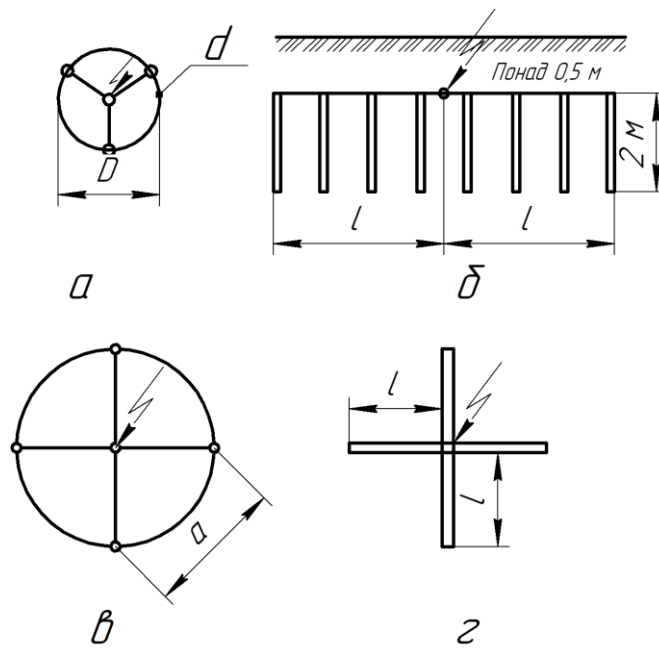
Блискавкозахисні пристрої, залежно від категорії влаштування блискавкозахисту і типом зони захисту, можуть бути виконані по-різному. Блискавковідводи бувають стрижневими, тросовими, сітчастими, настінними та покрівельними. Конструкції заземлювачів схематично наведені на рис. 7.4.

Отже, розміри і конструкція блискавковідводів залежать від вибраного рівня захисту об'єкта (табл. 7.1) та очікуваної кількості ударів блискавки за рік по об'єкту (формули (7.1)-(7.4)).



1 – блискавкоприймач; 2 – струмовідвід; 3 – заземлювальний пристрій; 4 – блискавкоприймач з труби; 5 – зварювальний шов; 6 – струмовідвід; 7 – блискавкоприймач з кутикового металу; 8 – блискавкоприймач з дроту діаметром 8...10 мм

Рисунок 7.3 – Конструкції блискавковідводів [28]



а – кільцевий в плані (сталева штаба завширшки 4 см або кругла сталь діаметром 1-2 см); б – двопророменевий із вертикальних електродів, з'єднаних смугою перерізу не менше 160 мм (аналогічно виконуються трипророменеві та чотирипророменеві з загальною точкою приєднання до струмовідводу); в – чотириелектродний вертикальний заземлювач зі з'єднаннями штабовою сталлю по периферії та радіусам (таким же чином утворюються трьох- та двоелектродні заземлювачі); г – чотирипророменевий симетричний з горизонтальних смугових або кутових електродів в плані (аналогічно виконується заземлювач з трьох та двох променів)

Рисунок 7.4 – Схематичні конструкції заземлювачів для блискавковідводів

Зона захисту блискавковідводу – простір, усередині якого будівельна конструкція захищена від прямого удару блискавки з надійністю не нижче ніж: для об'єктів I рівня блискавкозахисту – 99,0 % і вище; для об'єктів II рівня блискавкозахисту – 95 - 99 %; для об'єктів III рівня блискавкозахисту – 90 - 95 %; для об'єктів IV рівня блискавкозахисту – не нижче 85 %.

Таблиця 7.1 – Визначення необхідності та рівня блискавкозахисту об'єкта від прямого удару блискавки

№ з/п	Об'єкт	Очікувана кількість уражень об'єкта за рік, за якою виконується блискавкозахист N, уражень/рік	Рівень блискавкозахисту
1	Будівлі і споруди або їхні частини, приміщення яких згідно з НПАОП 0.00-1.32-01 і СОУ-Н БЕ 40.1-21677681- 88:2013 (НАПБ В.01.056-2013/111) відносяться до зон класів 1 і 20	Незалежно від N	I

2	Будівлі і споруди або їхні частини, приміщення яких згідно з НПАОП 0.00-1.32-01 і СОУ-Н ЕЕ 40.1-21677681- 88:2013 (НАПБ В.01.056-2013/111) відносяться до зон класів 2 і 21	$N > 1$	I
		$N \leq 1$	II
3	Зовнішні установки, що створюють згідно з НПАОП 0.00-1.32-01 і СОУ-Н ЕЕ 40.1-21677681-88:2013 (НАПБ В.01.056-2013/111) зону класу 1	Незалежно від N	II
4	Будівлі і споруди або їхні частини, приміщення яких згідно з НПАОП 0.00- 1.32-01 і СОУ-Н ЕЕ 40.1-21677681- 88:2013 (НАПБ В.01.056-2013/111) відносяться до зон класів П-I, П-II, П-IIa	Для будівель і споруд I і II ступеня вогнестійкості в разі 0,1	II, III
		те саме, але у разі $N > 2$	II
5	Розташовані в сільській місцевості невеликі будівлі III-V ступенів вогнестійкості, приміщення яких згідно з НПАОП 0.00-1.32-01 і СОУ-Н ЕЕ 40.1-21677681-88:2013 (НАПБ В.01.056-2013/111) відносяться до зон класів П-I, П-II, П-IIa	$N < 0,02$	IV
6	Зовнішні установки і відкриті склади, що створюють згідно з НПАОП 0.00-1.32-01 і СОУ-Н ЕЕ 40.1-21677681-88:2013 (НАПБ В.01.056-2013/111) зону класів П-III	$0,1 < N \leq 2$	III
		$N > 2$	II
7	Будівлі і споруди III, IIIa, IIIб, IV, V ступенів вогнестійкості, у яких відсутні приміщення, віднесені за НПАОП 0.00- 1.32-01 і СОУ-Н ЕЕ 40.1-21677681- 88:2013 (НАПБ В.01.056-2013/111) до зон вибухо- й пожежонебезпечних класів	$0,1 < N \leq 2$	III
		$N > 2$	II
8	Будівлі і споруди з легких металевих конструкцій з горючим утеплювачем (IVa ступеню вогнестійкості), у яких відсутні приміщення, віднесені за НПАОП 0.00-1.32-01 і СОУ-Н ЕЕ 40.1- 21677681-88:2013 (НАПБ В.01.056- 2013/111) до зон вибухо- і пожежонебезпечних класів	$0,02 < N \leq 2$	III
		$N > 2$	II
9	Невеликі будівлі III-V ступенів вогнестійкості, розташовані в сільській місцевості, у яких відсутні приміщення, що відносяться за НПАОП 0.00-1.32-01 і СОУ-Н ЕЕ 40.1-21677681-88:2013 (НАПБ В.01.056-2013/111) до зон вибухо- і пожежонебезпечних класів	Для III, IIIa, IIIб, IV, V ступеня вогнестійкості в разі N	IV

10	Будівлі обчислювальних центрів, а також будівлі, у яких встановлено обладнання інформаційних технологій або будь-яке інше електронне обладнання, чутливе до атмосферних перешкод	Незалежно від N	I, II
11	Тваринницькі і птахівничі будівлі і споруди III-V ступенів вогнестійкості: для великої рогатої худоби і свиней на 100 і більше голів, для овець на 500 голів і більше, для птахів на 1000 голів і більше, для коней на 40 голів і більше	Незалежно від N	II, III
12	Димові та інші труби підприємств і котельень, башти й вежі всіх призначень заввишки 15 м і більше	Незалежно від N	III
13	Житлові і громадські будівлі, висота яких на 25 м і більше перевищує середню висоту навколишніх будівель у радіусі 400 м, а також окремі будівлі заввишки понад 30 м, що віддалені від інших будівель більше ніж на 400 м	Незалежно від N	III
14	Окремо житлові й громадські будівлі в сільській місцевості заввишки понад 30 м	Незалежно від N	III
15	Громадські будівлі III—V ступенів вогнестійкості такого призначення: дитячі дошкільні установи, школи і школи-інтернати, стаціонари лікувальних установ, спальні корпуси та їдальні установ охорони здоров'я і відпочинку, культурно-освітні й видовищні установи, адміністративні будівлі, вокзали, готелі, мотелі, кемпінги	Незалежно від N	III
16	Відкриті видовищні установи (зали для глядачів відкритих кінотеатрів, трибуни відкритих стадіонів тощо)	Незалежно від N	III
17	Будівлі і споруди, що є пам'ятниками історії, архітектури і культури (скульптури, обеліски тощо)	Незалежно від N	III

Згідно ДСТУ ІЕС 62305-2:2012 визначають **чотири рівні блискавкозахисту**:

I та II рівень – об'єкти, які треба захищати від прямих ударів, вторинних проявів та занесення високого потенціалу через надземні і підземні комунікації;

III рівень – будинки і споруди, які треба захищати від прямого удару та занесення високого потенціалу через надземні і наземні комунікації;

IV рівень – невеликі нежитлові об’єкти, розташовані у сільській місцевості. Методика розрахунку блискавкозахисту буде наведена на практичних заняттях.

Питання до самоконтролю:

1. Назвіть способи зниження пожежної небезпеки кабелів.
2. Наведіть способи з’єднання проводів і кабелів.
3. Що таке вибухопожежонебезпечність електричних мереж?
4. Наведіть класифікацію і призначення апаратів захисту електроустановок.
5. Опишіть конструкцію плавкого пластинчатого запобіжника.
6. Назвіть призначення автоматичного вимикача.
7. Опишіть конструкцію і наведіть призначення теплового реле.
8. Яка мета облаштування блискавкозахисту?
9. Що відносять до грозозахисних систем для спеціальних об’єктів.

ТЕМА 8. ВОГНЕГАСНІ РЕЧОВИНИ ТА ПЕРВИННІ ЗАСОБИ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ

Мета вивчення теми

Ознайомитися з характеристикою вогнегасних речовин, розглянути особливості організації протипожежного водопостачання, вимоги до застосування первинних засобів протипожежного захисту, обладнання та принципи компонування систем пожежної сигналізації та оповіщення.

План

1. Характеристика вогнегасних речовин.
2. Протипожежне водопостачання.
3. Первинні засоби протипожежного захисту.
4. Системи пожежної сигналізації та оповіщення.

Основні терміни

Спосіб пожежогасіння, засіб пожежогасіння, вогнегасні речовини, піна, кратність піни, стійкість піни, повітряно-механічна піна, вогнегасні порошки, система протипожежного водопостачання, пожежний кран, пожежні щити, вогнегасники, система пожежної сигналізації, ефективність системи пожежної сигналізації, пожежний сповіщувач, димовий пожежний сповіщувач, радіоізотопний пожежний сповіщувач, оптичний пожежний сповіщувач, пожежний сповіщувач полум’я, автономний пожежний сповіщувач.

1 Характеристика вогнегасних речовин

Погасити пожежу з фізичної точки зору означає припинити процес горіння у всіх його видах, тобто створити в зоні горіння умови, що виключають можливість продовження процесу горіння в будь-якій формі [29].

Відповідно до теплової теорії задача припинення горіння зводиться до зниження температури в зоні горіння до температури гасіння шляхом зміни теплової рівноваги в зоні горіння. Теплову рівновагу в зоні горіння можна змінити зниженням інтенсивності тепловиділення в зоні реакції нижче граничного значення, або підвищенням інтенсивності тепловіддачі, або одночасною зміною цих величин для досягнення температури гасіння в зоні реакції.

На практиці для припинення горіння використовують різні способи і засоби пожежогасіння.

Спосіб пожежогасіння – це тактичний прийом, що використовують для припинення горіння.

Засіб пожежогасіння – це речовина або пристрій, що використовують для припинення горіння на пожежі.

По домінуючому механізму припинення горіння можна виділити наступні способи гасіння: спосіб охолодження, спосіб розведення, спосіб ізоляції, спосіб хімічного гальмування реакції горіння (інгібірування), механічне придушення полум'я сильним струменем води, порошку чи газу(зрив полум'я), створення умов вогнеперешкоди, за яких полум'я не має можливості поширюватися.

Спосіб охолодження:

- охолодження зони горіння до температури меншої, ніж температура гасіння;

- охолодження поверхні горючої речовини, що знаходиться в конденсованому стані, до температури меншої, ніж критична (для рідини у відкритому просторі – температура спалаху, для ТГМ – температура пиролізу).

Спосіб розведення:

- розведення зони горіння інертними розріджувачами;
- розведення горючих рідин негорючими.

Спосіб ізоляції

- ізоляція горючої речовини від зони горіння;
- ізоляція окислювача від зони горіння;
- ізоляція зони горіння, як джерела запалювання, від горючої суміші.

Поняття способу пожежогасіння містить у собі не тільки механізм припинення горіння, але і тактичні особливості подачі вогнегасної речовини в зону горіння. **Розрізняють об'ємний і поверхневий способи гасіння.**

При виникненні горіння в умовах обмеженого повітрообміну можна використовувати спосіб об'ємного гасіння, при якому вогнегасні засоби подаються в об'єм, що захищається, і при цьому розбавляють горючу систему або витісняють окислювач (повітря) із приміщення або апарата.

При гасінні пожежі на відкритій місцевості застосування засобів об'ємного гасіння малоефективно і в даному випадку використовують переважно

поверхневий спосіб гасіння, коли вогнегасна речовина подається на поверхню горючої речовини. Це можливо лише в тому випадку, якщо горюча речовина знаходиться в конденсованому стані (рідина або тверда речовина).

Основними засобами гасіння пожежі є вогнегасні речовини.

Під вогнегасними розуміють речовини, що можуть безпосередньо впливати на процес горіння і створювати умови для його припинення, або попереджати процес виникнення горіння.

Речовин, які здатні впливати на процес горіння досить багато, але не кожен з них використовують для гасіння пожеж.

Вогнегасні речовини повинні відповідати визначеним вимогам, до яких відносяться:

- висока вогнегасна здатність при низькій витраті;
- екологічна безпека речовини і відсутність шкідливих побічних впливів при застосуванні як для людей, так і для технологічного обладнання;
- простота і зручність транспортування і подачі у середовище пожежі;
- можливість тривалого збереження без зміни властивостей;
- доступність і відносна необмеженість запасів;
- економічність (дешевина).

Іноді вогнегасні речовини відповідають не усім вимогам, але великі переваги в деяких позиціях обумовлюють їхнє застосування в практиці пожежегасіння. Наприклад, хладони, що інгібують процес горіння, екологічно досить небезпечні (негативно впливають на озоновий шар Землі), але висока вогнегасна ефективність обумовлює їхнє використання в системах пожежегасіння літаків, атомних станцій, ракетної техніки, об'єктів воєнної промисловості.

У пінному пожежегасінні досить широко використовують високоефективні плівкоутворювальні піноутворювачі, незважаючи на їхню високу вартість.

Застосовують такі вогнегасні речовини:

- воду;
- воду з добавками, які підвищують її вогнегасну здатність;
- водяну пару;
- повітряно-механічну піну;
- хімічну піну,
- інертні газу,
- вуглекислоту у газоподібному та снігоподібному стані,
- галоїдовуглеводневі суміші,
- вогнегасні порошки,
- пісок,
- флюси,
- комбіновані суміші (поєднання порошкових і пінних сумішей, водно-галоїдовуглеводневі емульсії тощо).

Вода має найвищу теплоємність порівняно з іншими вогнегасними речовинами, а також дуже високу теплоту пароутворення. Вона застосовується

для гасіння горючих речовин у різних агрегатних станах. Речовина, яка горить, охолоджується до температури, за якої її горіння неможливе.

Водяна пара, що утворюється при випаровуванні, розбавляє горюче середовище до вмісту в ньому 14-15 % кисню, в результаті чого горіння припиняється. Пара перешкоджає потраплянню кисню на поверхню, яка горить, за рахунок змочування речовини, що горить, водою, в результаті чого горіння припиняється [29].

Вода має високу термічну стійкість. Розкладення її на водень і кисень відбувається при температурах понад 1700°C. Тому гасіння водою більшості горючих матеріалів та рідин є безпечним, адже температура їх горіння не перевищує 1300°C.

Найбільший вогнегасний ефект спостерігається під час застосування води у дрібнодисперсному стані. Такою водою можна гасити навіть горючі рідини, оскільки туманоподібна хмара дрібнодисперсної води спричиняє ізолювальний ефект. Застосування розчинів змочувачів, які зменшують поверхневий натяг води, дає можливість зменшити її витрати на гасіння деяких матеріалів на 30-50%.

Вода добре проводить електричний струм. Це треба пам'ятати під час гасіння пожеж в електроустановках, що перебуває під напругою.

Піна – вогнегасна суміш, яка складається з бульбашок газу, замкнених в тонкі оболонки (плівки) з рідини. Вогнегасні властивості піни визначаються її кратністю, стійкістю, дисперсністю і в'язкістю.

Кратність піни – відношення об'єму піни до об'єму її розчину, з якого вона утворена. Чим більша кратність, тим менша стійкість піни.

Стійкість піни – опірність руйнуванню. Дисперсність піни обернено пропорційна розміру бульбашок.

Стійкість піни тим більша, чим вища дисперсність, а підвищення кратності зменшує дисперсність. В'язкість збільшує стійкість піни, але погіршує розчинність у рідині, яка горить.

Піни застосовують для гасіння горючих рідин і твердих речовин.

Гасіння піною засноване на тому, що вона розпливається на поверхні рідини, яка горить, частково охолоджує її, утворює теплову ізоляцію поверхні речовини від притоку тепла із зони полум'я, перешкоджає доступу кисню повітря в зону горіння. **Піни поділяють на хімічні та повітряно-механічні.**

Повітряно-механічна піна утворюється за допомогою спеціальних технічних пристроїв із водних розчинів поверхнево-активних речовин (піноутворювачів). Утворюють піну в ежекторних переносних приладах – піногенераторах при розчині у воді піногенераторних порошків.

Хімічна піна утворюється при взаємодії карбонату або бікарбонату натрію з кислотою за наявності піноутворюючої речовини, яка являє собою емульсію двоокису вуглецю у водному розчині мінеральних солей. З техніко-економічних міркувань хімічну піну найбільш раціонально застосовувати при гасінні пожеж ЛЗР з температурою спалаху не меншою за 61°C.

Інертні гази застосовують для гасіння пожежі. До них відносяться: двоокис вуглецю, азот, аргон, а також димові або відпрацьовані гази. Інертні гази розбавляють повітря, знижують у ньому вміст кисню до концентрації, при якій припиняється горіння більшості горючих речовин. Крім того, маючи певну теплоємність, вони сприяють зниженню температури в зоні горіння і цим самим уповільнюють горіння.

Двоокис вуглецю використовують: для швидкого гасіння вогнищ в їх початковій стадії; при гасінні малих поверхонь ЛЗР і ГР, акумуляторних станцій, станцій та боксів для випробування двигунів, лабораторій і виробничих приміщень; при гасінні пожеж на складах ЛЗР, на електроустановках, які знаходяться під напругою, і т.ін.

Ефективність двоокису вуглецю полягає в тому, що він, витікаючи із замкнутих об'ємів (вогнегасників), де знаходиться в стані рідини, переходить у твердий стан у вигляді пластівців «снігу» з температурою мінус 73,5°C і при наступному нагріванні вмиль переходить у газоподібний стан, займаючи об'єм в 500 раз більший, ніж рідина. Необхідну кількість CO₂ визначають розрахунком. Вогнегасна концентрація CO₂ при гасінні об'ємним методом приблизно складає 30 % при витратах 0,594 кг на 1 м³ приміщення.

Існує два основні методи гасіння пожеж за допомогою CO₂: об'ємний і поверхневий. Об'ємне гасіння здійснюється у замкнутих приміщеннях.

Вихід снігоподібного CO₂ з балона при температурі навколишнього середовища 20 °C становить не менше 28 % (з кілограма рідкого CO₂ може утворитися 280 г снігу та близько 500 л газу). Діоксид вуглецю не гасить тліючі матеріали, бо не має змочувальної здатності [29].

Галоїдовуглеводневі суміші використовують для гасіння різних пожеж. Серед них знаходять застосування тетрафтордібромметан (Фреон 114 В), трифторбромметан (Фреон 13 В), бромистий етил, бромистий метилен і розроблені на їхній основі вогнегасні суміші «3,5», «7», «4НД», «БФ» та інші. Вони мають малу інтенсивність подачі, а їхня велика густина дозволяє створювати вогнегасні струмені, які сприяють проникненню сумішей у полум'я і утриманню їхньої пари в зоні горіння. Крім того, суміші мають добру змочуваність, а низька електропровідність дозволяє використовувати галоїдовуглеводневі суміші для гасіння електроустановок під напругою.

Вогнегасні порошки використовують для гасіння пожеж лужних металів, алюмінійорганічних та інших металоорганічних сполук. До них відносять: хлориди лужних та лужноземельних металів, двовуглекислу та вуглекислу соду, кремній, амофос, поташ тощо.

В останній час для гасіння великих пожеж нафтопродуктів застосовують вогнегасні порошки в комбінації з повітряно-механічною піною. Найчастіше застосовують двовуглекислу соду в суміші з невеликою кількістю кремнезему, тальку й інфузорної землі.

Вогнегасна дія порошоків полягає в тому, що вони охолоджують зону горіння за рахунок втрати тепла на нагрівання і розкладання солей, уповільнюють реакцію горіння завдяки двоокису вуглецю, що виділяється при

цьому, її ізолюють горючу речовину від зони горіння. Для ліквідації осередків горіння, які виникають під час займання невеликих об'ємів горючих речовин, застосовують також азбестові покривала і т. ін.

Практично всі вогнегасні речовини характеризуються комплексною дією на процес горіння. Наприклад, вода може охолоджувати, ізолювати та розбавляти речовини, що горять; піна ізолює й охолоджує; газові засоби пожежогасіння одночасно діють як інгібітори й розбавляють горючі речовини; порошки гальмують хімічні реакції й ізолюють зону горіння в разі утворення стійкої порошкової хмари. Однак припинення горіння досягається одним із застосовуваних способів, тоді як інші тільки сприяють цьому. Це визначається співвідношенням властивостей вогнегасної речовини та матеріалу, що горить.

Для кожної вогнегасної речовини існує домінуюча властивість. Для води – це охолодження, для піни – ізоляція осередку горіння, для порошку – гальмування реакції горіння, для діоксиду вуглецю – розбавлення газової та конденсованої фаз (твердої, рідкої) неоднорідної фізико-хімічної системи негорючим газом [29].

Вибір вогнегасної речовини залежить від характеру пожежі й визначається:

- властивостями та агрегатним станом речовин, що горять;
- параметрами пожежі (площею горіння, інтенсивністю горіння, температурою тощо);
- видом пожежі (в закритих приміщеннях та будівлях, на відкритому просторі);
- умовами тепло- й газообміну на пожежі;
- наявністю та кількістю вогнегасних засобів;
- вогнегасною здатністю щодо гасіння речовин і матеріалів;
- ефективністю способу гасіння пожежі.

Визначаючи способи пожежогасіння, розраховують на досягнення максимального ефекту за мінімальних витрат вогнегасних речовин.

2 Протипожежне водопостачання

Система протипожежного водопостачання – це комплекс інженерних водопровідних пристроїв та споруд, призначених для забору води з вододжерела, її транспортування, зберігання запасів та подавання до місця пожежі. Призначення системи протипожежного водопостачання полягає в забезпеченні подавання необхідних об'ємів води потрібного напору протягом нормативного часу гасіння пожежі за умови достатнього ступеня надійності всього комплексу водопровідної споруди [10].

Протипожежні водопроводи (роздільні або об'єднані з водопроводами іншого призначення) бувають низького або високого тиску. У водопроводах низького тиску мінімальний вільний напір води на рівні землі повинен бути 10 м (100 кПа), а необхідний напір у стволах для пожежогасіння створюється насосами пожежних автомобілів, мотопомп, що встановлюються на гідранти.

У водопроводах високого тиску вода до місця пожежі подається по рукавних лініях безпосередньо від гідрантів під напором від стаціонарних пожежних насосів, встановлених у приміщенні насосної станції. Такі насоси працюють постійно або вмикаються під час пожежі.

Для подавання та керування водяними та пінними струменями великої потужності використовуються лафетні установки. Для цього пожежні лафетні стволи великої потужності (до $100 \text{ л} \cdot \text{с}^{-1}$) встановлюють на спеціальних баштах, покрівлі будівель або на майданчиках та підключають до протипожежного водопроводу високого тиску. Лафетні установки використовують для гасіння пожеж на складах лісо- та пиломатеріалів, в технологічному обладнанні значної висоти (наприклад, в ректифікаційних колонах та вакуумних колонах нафтопереробних заводів), а також на складах із зрідженим горючим газом [10].

Систему протипожежного водопостачання поділяють на дві частини: зовнішню (зовні будівель) та внутрішню (всередині будівель). Протипожежний водопровід (зовнішній та внутрішній) є одним з найбільш важливих елементів системи протипожежного водопостачання.

До зовнішнього водопроводу належать усі пристрої та споруди для забору, очищення, зберігання та розподілу води мережею до вводу в будівлю.

Внутрішні водопроводи являють собою сукупність трубопроводів та пристроїв, які забезпечують постачання води із зовнішньої мережі та її подавання до місця відбору води для гасіння пожеж, що можуть виникнути в будівлі.

Для відбору води із зовнішнього водопроводу на ньому встановлюють пожежні гідранти. Будова пожежного гідранта показана на рис. 8.1.

Гідрант складається з трьох основних частин: клапанної коробки 6, стояка 4 та встановлювальної головки 1.

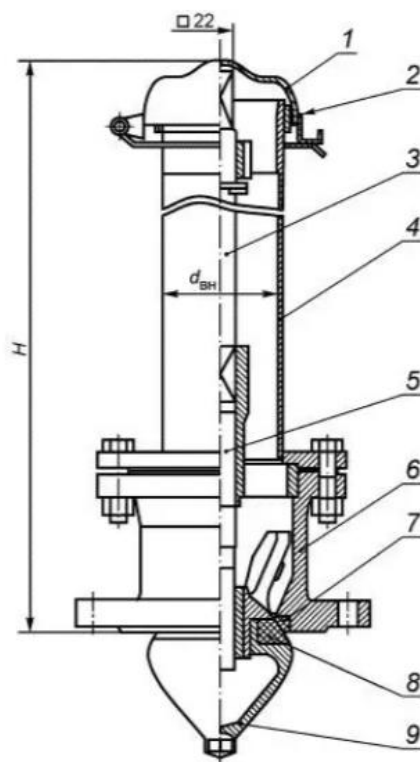
Залежно від глибини колодязя гідранти виробляються заввишки 750-2500 мм. У складеному вигляді гідрант встановлюється на фланці трійника водопровідної мережі.

При обертанні штанги і шпінделя клапан гідранта за допомогою - фіксаторів може здійснювати тільки поступальний рух, забезпечуючи його відкривання та закривання. Для запобігання попаданню води в корпус гідранта на зливному штуцері встановлений зворотний клапан.

При відборі води з гідранта відкривають його кришку та наворачують на встановлювальну головку (ніпель) пожежну колонку (рис. 8.2).

При обертанні рукоятки колонки обертається штанга та жорстко пов'язаний з нею за допомогою муфти шпіндель, що має спеціальну трапецієподібну різьбу. При цьому затвор опускається донизу, й вода заповнює корпус гідранта, далі крізь патрубки пожежної колонки направляється до приєднаних пожежних рукавів та подається до місця пожежі. Внизу гідранта є зливний штуцер для спуску води після роботи для запобігання замерзанню.

Встановлення гідрантів здійснюється на відстані не більше 2,5 м від краю проїжджої частини дороги та не менше 5 м від стін будівель та споруд, щоб забезпечити безперешкодний під'їзд пожежних автомобілів.



1 – встановлювальна головка; 2 – болт; 3 – стрижень шпинделя; 4 – стояк; 5 – регулюючий елемент; 6 – клапана коробка; 7 – гайка; 8 – шайба; 9 – камера сідла

Рисунок 8.1 – Пожежний гідрант підземний

Біля місць розташування пожежних гідрантів повинні бути встановлені показники (об'ємні зі світильником або плоскі із застосуванням світловідбивних покриттів) з нанесеними на них: літерним індексом «ПГ», цифровими значеннями відстані в метрах від показника до гідранта, внутрішнього діаметра трубопроводу в міліметрах, зазначенням виду водопровідної мережі (тупикова чи кільцева) [10].

Відповідальність за технічний стан пожежних гідрантів, встановлених на мережі водопроводу населених пунктів, несуть відповідні служби (організації, установи), які відають цими мережами водопроводу, а на території підприємств - їх власники або орендарі (згідно з договором оренди).

Перевірка працездатності пожежних гідрантів повинна здійснюватися особами, що відповідають за їх технічний стан, не рідше 2 разів на рік (навесні й восени). Кришки люків колодязів підземних пожежних гідрантів повинні бути очищені від бруду, льоду і снігу, в холодний період утеплені, а стояки - звільнені від води. Кришки люків рекомендується фарбувати в червоний колір.

Необхідність улаштування внутрішнього протипожежного водопроводу, кількість уводів у будівлю, витрати води на внутрішнє пожежогасіння та кількість струмін від пожежних кранів визначаються, виходячи з вимог чинних будівельних норм відповідно до кожного конкретного об'єкта [10].



Рисунок 8.2 – Колонка пожежна типу КПА

Внутрішнє протипожежне водопостачання улаштовують за такими схемами:

- без підвищувальних установок, коли напір води з зовнішнього водопроводу перевищує потрібний;
- з пожежними насосами-підвищувачами, які вмикаються тільки при пожежі та забезпечують необхідний тиск води;
- з водонапірним баком або пневмобаком і насосами в тих випадках, коли гарантований напір менше потрібного для господарських приладів та пожежних кранів, з забезпеченням недоторканого протипожежного запасу на перші 10 хв гасіння пожежі;
- з запасним резервуаром, коли в окремі часи доби є нестача води або гарантований напір менше 5 м (50 кПа).

Пожежний кран – комплект пристроїв, який складається із клапана (вентиля), що встановлюється на пожежному трубопроводі і обладнаного пожежною з'єднувальною головою, а також пожежного рукава з ручним стволом.

Залежно від витрати води на пожежогасіння внутрішні пожежні крани комплектуються пожежними вентилями з діаметром умовного проходу 50 або 65 мм, пожежними напірними рукавами однакового з ним діаметра та стволом, а також важелем для полегшення відкривання вентиля.

Пожежний рукав необхідно утримувати сухим, складеним в «гармошку» або подвійну скатку, приєднаним до крана та ствола, і не рідше 1 разу на 6 місяців розгортати та згорнути наново.

Пожежні крани повинні розміщуватись у вбудованих або навісних шафках, які мають отвори для провітрювання і пристосовані для опломбування та візуального огляду їх без розкривання (рис. 8.3).

Влаштовуючи шафки, слід враховувати можливість розміщення в них двох вогнегасників.



Рисунок 8.3 – Пожежна шафа для пожежних кранів

Спосіб установлення пожежного крана повинен забезпечувати зручність повертання вентиля та приєднання рукава. Напрямок осі вихідного отвору патрубків пожежного крана повинен виключати різкий залом пожежного рукава у місці його приєднання.

На дверцятах пожежних шафок із зовнішнього боку повинні бути вказані після літерного індексу «ПК» порядковий номер крана та номер телефону для виклику пожежної охорони.

Зовнішнє оформлення дверцят повинно відповідати вимогам чинних стандартів. Пожежні крани не рідше 1 разу на 6 місяців підлягають технічному обслуговуванню і перевірці на працездатність шляхом пуску води з реєстрацією результатів перевірки у спеціальному журналі.

У приміщенні насосної станції повинні бути вивішені: загальна схема протипожежного водопостачання та схема обв'язки насосів. На кожній засувці і пожежному насосі-підвищувачі слід вказувати їхнє призначення. Порядок увімкнення насосів-підвищувачів повинен визначатися інструкцією.

В окремих випадках допускається безводопровідне протипожежне водопостачання з природних (ріки, озера) та штучних (пруди, резервуари, спеціальні водойми) джерел. Забір води з таких водойм здійснюється пожежними автомобілями, мотопомпами, стаціонарними насосами з наступним подаванням по рукавах [10].

Для встановлення пожежних автомобілів та забору води з відкритих вододжерел необхідно влаштовувати пожежні пірси.

У разі неможливості безпосереднього забирання води з пожежного резервуара (водойми) слід передбачати приймальні (мокрі) колодязі, з'єднані з резервуаром (водоймою) трубопроводом діаметром не менше 0,2 м. Перед приймальним (мокрим) колодязем на з'єднувальному трубопроводі необхідно розміщувати в окремому колодязі засувку з виведенням під кришку люка штурвалом.

Біля місць розташування пожежних водойм повинні бути встановлені покажчики з літерним індексом «ПВ», цифровими значеннями запасу води в кубічних метрах та кількості пожежних автомобілів, які можуть одночасно встановлюватися на майданчику. Пожежні резервуари повинні бути захищені від замерзання води.

Протипожежний запас води, витрачений з резервуара під час гасіння пожежі, має бути відновлений у якомога коротший строк.

Водонапірні башти повинні бути забезпечені під'їздом і пристосовані для відбору води пожежною технікою будь-якої пори року. Не допускається використовувати для побутових та виробничих потреб запас води, призначений для цілей пожежогасіння. На корпус водонапірної башти слід наносити позначення, яке вказує місце розташування пристрою для забирання води пожежною технікою [10].

3 Первинні засоби протипожежного захисту

Первинні засоби пожежогасіння включають немеханізований інструмент та інвентар (лом, багор, відро, лопата, ящик з піском і т.п.) і вогнегасники.

Первинні засоби пожежогасіння можуть розміщуватися на пожежних щитах (стендах).

Пожежні щити (стенди) встановлюються на території об'єкта з розрахунку один щит (стенд) на площу до 5000 м².

До комплекту засобів пожежогасіння, які розміщаються на ньому, слід включати: вогнегасники – 3 шт., ящик з піском – 1 шт., покривало з негорючого теплоізоляційного матеріалу або повсті розміром 2 х 2 м – 1 шт., гаки – 3 шт., лопати – 2 шт., ломи – 2 шт., сокири – 2 шт.

Порядковий номер пожежного щита вказують після літерного індексу «ПЩ».

Пожежні щити (стенди) повинні забезпечувати:

- захист вогнегасників від потрапляння прямих сонячних променів;
- зручність та оперативність зняття (витягання) закріплених на щиті (стенді) комплектуючих виробів.

Ручний пожежний інструмент, розміщений на щитах, необхідно періодично очищати від пилу, бруду та слідів корозії, а також відновлювати потрібні кути загострювання інструмента та пофарбування після використання на пожежі або практичного заняття.

Ящики для піску повинні мати місткість 0,5; 1,0 або 3,0 м³ та бути укомплектованими совковою лопатою. Конструкція ящика (вмістилища) повинна забезпечувати зручність діставання піску та виключати попадання опадів. Для запобігання злежуваності піску його необхідно систематично спускувати.

Бочки з водою встановлюються у виробничих, складських та інших приміщеннях, спорудах у разі відсутності внутрішнього протипожежного водопроводу та за наявності горючих матеріалів, а також на території об'єктів, у садибах індивідуальних жилих будинків, дачних будиночків тощо, їх кількість у

приміщеннях визначається з розрахунку установки однієї бочки на 250-300 м² захищеної площі.

Покривала з негорючих матеріалів повинні мати розмір не менш як 1х1 м. Вони призначені для гасіння невеликих осередків пожеж у разі займання речовин, горіння яких не може відбуватися без доступу повітря. У місцях застосування та зберігання ЛЗР та ГР розміри покривал можуть бути збільшені до величин: 2х1,5 м, 2х2 м. Покривала слід застосовувати для гасіння пожеж класів «А», «В», «D».

Вогнегасники по виду вогнегасних засобів підрозділяються на рідинні, вуглекислотні, повітряно-пінні та порошкові. Рідинні вогнегасники дають струмінь води або водного розчину солей (хлористого магнію, хлористого кальцію, хлористого натрію та ін.), вуглекислотні – вуглекислого газу (зазвичай в суміші зі сніжною вуглекислою), повітряно-пінні – піни низької кратності, а порошкові – порошкоподібної суміші мінеральних солей.

В Україні прийняті такі позначення типів вогнегасників:

- ВВ – вогнегасник водяний;
- ВВП – вогнегасник водопінний;
- ВВПА – вогнегасник водопінний аерозольний;
- ВВК – вогнегасник вуглекислотний;
- ВП – вогнегасник порошковий

Цифра після позначення типу вогнегасника означає масу вогнегасної речовини в кілограмах, що міститься у його корпусі. Цифра після позначення аерозольного водопінного вогнегасника означає масу вогнегасної речовини в грамах, що міститься в його корпусі.

При використанні вогнегасників треба пам'ятати наступне:

- гасіння осередків пожежі, які виникли поза межами приміщень, потрібно здійснювати з навітряного боку;

- під час гасіння пожежі одночасно кількома вогнегасниками не дозволяється здійснювати гасіння струменями вогнегасної речовини, спрямованими назустріч один одному;

- вуглекислотні вогнегасники повинні застосовуватись у тих випадках, коли для ефективного гасіння пожежі необхідні вогнегасні речовини, які не пошкоджують обладнання та об'єкти (обчислювальні центри, радіоелектронна апаратура, музеї, архіви тощо);

- під час застосування вуглекислотного або порошкового вогнегасника для гасіння пожежі електрообладнання, що перебуває під напругою електричного струму до 1000 В, необхідно витримувати безпечну відстань (не менше 1 м) від розпилювальної насадки вогнегасника до струмопровідних частин електрообладнання;

- забороняється застосовувати водяні та водопінні вогнегасники для ліквідації пожеж обладнання, що перебуває під електричною напругою, а також для гасіння речовин, які вступають з водою в хімічну реакцію, що супроводжується інтенсивним виділенням тепла та розбризкуванням пального;

- застосування порошкових вогнегасників для захисту обладнання, яке може вийти з ладу в разі попадання в нього вогнегасного порошку (електронне обладнання, електронно-обчислювальні машини), дозволяється лише за відсутності газових вогнегасників;

- під час гасіння пожежі порошковими вогнегасниками необхідно брати до уваги утворення високої запиленості і як наслідок – зниження видимості в приміщенні, що захищається;

- під час гасіння пожежі вуглекислотними вогнегасниками необхідно враховувати можливість зниження концентрації кисню в повітрі приміщення, що захищається, особливо якщо воно невелике за об'ємом;

- у приміщеннях, де застосування вуглекислотних вогнегасників може створити небезпечну для життя людини концентрацію газів у повітрі, а також у разі застосування пересувних вуглекислотних вогнегасників необхідно використовувати ізолювальні засоби індивідуального захисту органів дихання (перед застосуванням пересувних вуглекислотних вогнегасників слід обмежити кількість обслуговуючого персоналу, який перебуває у приміщенні).

При використанні вогнегасників забороняється:

- експлуатувати вогнегасники з наявністю вм'ятин, здутостей або тріщин на корпусі, на запірно-пусковому пристрої, на накидній гайці, а також у разі порушення герметичності з'єднань вузлів вогнегасника та несправності індикатора тиску (для закачних вогнегасників);

- завдавати удари по вогнегаснику;

- розбирати і перезаряджати вогнегасники особам, які не мають права на проведення таких робіт;

- кидати вогнегасник у полум'я під час застосування за призначенням та вдаряти ним об землю для приведення його до дії;

- спрямовувати насадку вогнегасника (гнучкий рукав або розтруб) під час його експлуатації у бік людей;

- використання вогнегасників для потреб, не пов'язаних з пожежогасінням.

Пінні (повітряно-пінні та водно-пінні). Головна діюча речовина в повітряно-пінних вогнегасниках – це **піна, що складається практично на 100% повітря.** У водно-пінних – відповідно водний розчин [30].

Найефективніше їх використовувати на початкових стадіях займання, коли необхідно погасити полум'я, що торкнулося легкозаймисті матеріали, тверді речовини і горючі компоненти, до яких відносяться лакофарбові вироби, деревина, масло та папір.

Пінними вогнегасниками не можна згасити пожежу, що розгорілася на електричних підстанціях з високою напругою, забороняється застосування на пожежах, що виникли на складах з металом і металовмісними матеріалами.

Перевага: досить тривалий термін служби.

Недолік: високий показник корозійної активності, необхідність щорічної перезарядки та використання виключно за плюсової температури

навколишнього середовища, яка повинна змінюватись в межах від +5 до +50 градусів.

Порошкові. З допомогою без проблем вдається усувати займання, що охопило тверді, рідкі та газоподібні речовини та на електроустановках.

Забороняється гасіння полум'я на пожежах категорії D (горіння металів).

Порошкові вогнегасники одночасно використовують для боротьби з вогнем газ і порошкові сполуки. За допомогою останнього суміш ОВС виштовхується і розпушується.

Вогнегасники порошкові за способами утворення тиску бувають:

- закачаного типу (з) – з надлишковим тиском всередині корпусу; характерні наявністю манометру;

- з газогенераторами (г) – тиск утворюється при спрацьовуванні газогенеруючого пристрою;

- з вбудованим балончиком високого тиску (б) – у вогнегасниках із зарядом до 4 кг.

У маркуванні вогнегаснику також вказують класи пожеж, при яких можна використовувати цей вогнегасник.

Наприклад, позначення ВП-4(г)-АВСЕ означає: «вогнегасник порошковий з масою заряду 4 кг, з газогенератором, призначений для гасіння пожеж твердих матеріалів, рідин, газів та електрообладнання під напругою».

Перевага: універсальність, низька вартість та невеликі габарити. Вони можуть бути використані як у побутових, так і комерційних приміщеннях.

Недолік: відсутність охолоджуючого ефекту, підвищене забруднення поверхонь, що гасять, і погіршення огляду при гасінні. Серйозним недоліком ОП можна вважати часті повторні спалахи після гасіння вогнища.

Вуглекислотні вогнегасники. Вогнегасники вуглекислотні вельми ефективні при гасінні газоподібних і рідких речовин на пожежах класів «С» і «В», а також електроустановок, що знаходяться під напругою менше 1000 В. Заряд даних моделей складається з діоксиду вуглецю та вуглекислого газу. Через сопло подається дуже холодний газовий струмінь, який може утворити туман, іній або невеликі снігові пластівці. За допомогою вуглекислотних моделей можна легко витіснити кисень та суттєво знизити температуру горіння.

Ними забороняється гасити металовмісні об'єкти, людей або будь-які інші матеріали, для горіння яких не потрібно кисень.

Ці моделі активно використовуються у транспортних засобах, офісах, громадських та побутових приміщеннях.

Перевага: з їх допомогою ефективно зупиняється поширення полум'я. Цьому сприяє зниження температури вогню. Також на ефективність впливають пластівці, що ізолюють вогонь від зовнішнього кисню в повітрі, обволікаючи вуглекислим газом.

Недолік: випаровування вогнегасного засобу, ризик обмороження рук при неакуратній роботі з елементами конструкції, що відповідають за подачу ОТВ, а також негативний вплив парів газу на організм людини.

Хладонові. Використання таких вогнегасників зазвичай зустрічається там, де важливо зберегти майно або якісь інші речі, що знаходяться в межах осередку займання.

Також ці моделі підходять для гасіння пожеж на високовольтних станціях. Наприклад, хладоновими варіантами можна гасити пожежі в музеях і архівах або магазинах електротехніки.

Перевага: мінімальні руйнівні характеристики, швидке гасіння полум'я та висока універсальність.

Недолік: негативний вплив та отруєння холодоном людей та навколишнього світу.

Водні. Вони добре гасять органіку та всі горючі тверді матеріали і підходять як для палаючих, так і для тліючих об'єктів, таких як папір, деревина та ганчір'я.

Їх забороняється задіяти для того, щоб ліквідувати пожежі на складах із горючими рідинами та електричним обладнанням.

Перевага: абсолютна безпека як для людського організму, так і для довкілля, високі показники охолодження та мінімальні руйнівні властивості.

Недолік: **не можна застосовувати за негативних температур** і потрібно щорічно перезаряджати.

Повітряно-емульсійні з фторовмісним зарядом. Їх можна використовувати для гасіння без евакуації оточуючих людей. Вони гасять практично всі типи горючих матеріалів, горіння яких супроводжується тлінням. Крім цього, вони підходять для гасіння електричних підстанцій та установок.

Перевага: відсутність шкідливого впливу на людей та довкілля, збереження хорошої видимості при роботі, можливість гасіння великих площ, швидке зниження температури вогнища та використання при міцних морозах. Предмети, речі та об'єкти легко відмити після дії ОТВ названих пристроїв.

Недолік: відносно велика вартість.

Наведені вище характеристики та параметри сучасних вогнегасників визначають їх використання для гасіння пожеж, що відрізняються класами небезпеки. Найбільш універсальними є порошкові та вуглекислотні моделі. Вони можуть бути задіяні практично для всіх типів пожеж, крім гасіння горючих металів і радіоактивних відходів, що у звичайному житті зустрічається дуже рідко.

Також крім класичних ручних переносних важільних вогнегасників, для гасіння пожеж, що супроводжуються горінням металів, є такі:

- ручні закидні вогнегасники
- автоматичні / закидні вогнегасники.

Конструкції та принцип роботи різних видів вогнегасників будуть наведені викладачем під час виконання лабораторних робіт.

4 Системи пожежної сигналізації та оповіщення

Система пожежної сигналізації (СПС) – комплекс технічних засобів, призначений для виявлення ознак горіння, формування сигналів про виникнення пожежі та технічний стан цих засобів, а також для передавання сигналів на інші виконавчі пристрої без втручання людини.

Вимоги до систем пожежної сигналізації та оповіщення наведені в ДСТУ EN 54-27:2021 Системи пожежної сигналізації та оповіщення [31].

Системи пожежної сигналізації призначені для:

- виявлення пожежі на ранній стадії;
- передачі сповіщень тривоги до пристроїв передавання пожежної тривоги та попередження про несправність;
- формування сигналів для систем протипожежного захисту та іншого інженерного обладнання;
- сигналізування про виявлену несправність, яка може негативно впливати на повноцінну роботу СПС.

Отже, функції системи пожежної сигналізації та оповіщення такі:

- виявляти пожежу якомога раніше і подавати сигнали та індикації, щоб можна було вжити відповідних заходів;
- подавати звукові та/або світлові сигнали особам, наявним у будинку, яким може загрожувати пожежа.

Ефективність системи пожежної сигналізації визначається її здатністю з найменшими витратами забезпечити досягнення поставленої мети в усьому допустимому діапазоні зовнішніх впливів.

Система пожежної сигналізації не повинна:

- піддаватися впливу інших систем, з'єднаних або не з'єднаних з нею;
- повністю або частково пошкоджуватися під впливом факторів пожежі до їх виявлення.

Компоненти, які можуть входити до складу системи пожежної сигналізації, наведені на рис. 8.4.

Блоки I, III, IV присутні у складі системи пожежної сигналізації, інші є необов'язковими складовими частинами системи. Передавання та приймання сигналів про пожежу та несправності засобів пожежної сигналізації на захищуваних об'єктах може здійснюватися по загальному каналу зв'язку, тобто блоки VI, VII, VIII, IX можуть бути суміщені.

Обладнання та з'єднувальні елементи, наведені на схемі, скомпоновані по трьох групах:

- група А – обладнання для забезпечення місцевої сигналізації;
- група В – додаткове обладнання для забезпечення зовнішнього контролю системи пожежної сигналізації;
- група С – додаткове обладнання для включення автоматичних засобів протипожежного захисту.

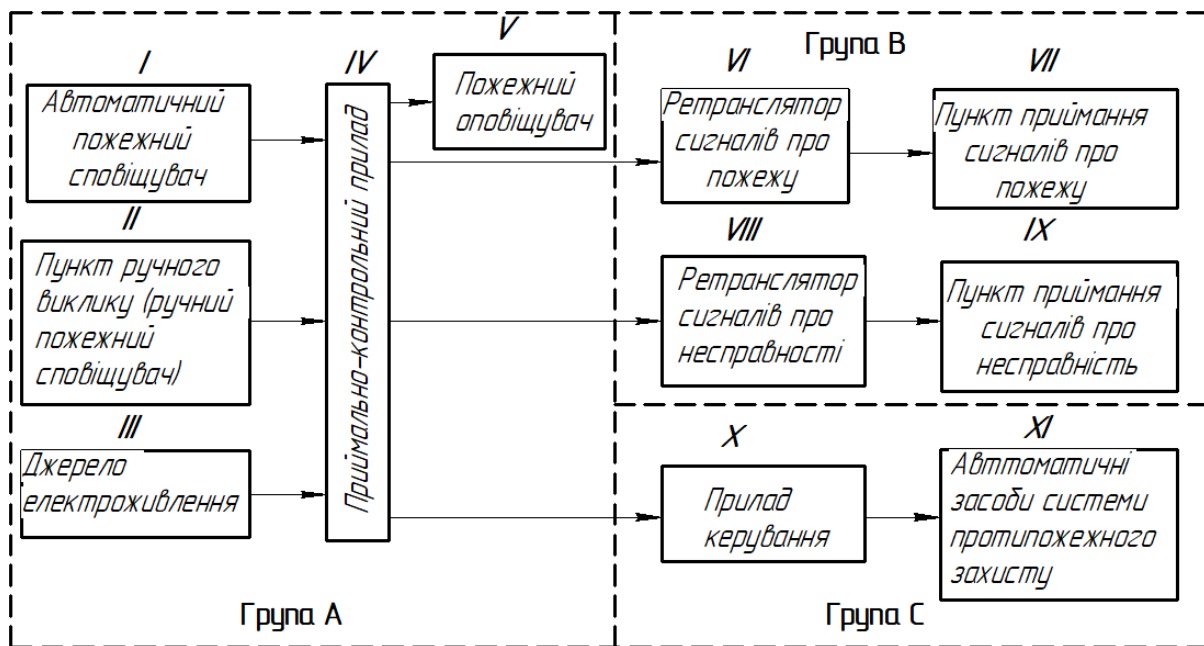


Рисунок 8.4 – Компоненти, що входять до складу системи пожежної сигналізації [10]

Працездатність систем пожежної сигналізації характеризується не тільки спрацюванням у разі виникнення пожежі, але й можливістю нормального функціонування після закінчення або в процесі дії зовнішніх факторів, наприклад, корозії, вібрації, удару, електромагнітного випромінювання.

Система пожежної сигналізації та оповіщення може поєднувати функції пожежної сигналізації та оповіщення про пожежу в одній системі, вона зазвичай складається з ряду взаємопов'язаних компонентів, до яких належать автоматичні пожежні сповіщувачі, ручні пожежні сповіщувачі та звукові пожежні оповіщувачі. Ці пристрої підключають до пожежного приймально-контрольного приладу за допомогою однієї або декількох ліній зв'язку. Усі компоненти системи, у тому числі пожежний приймально-контрольний прилад, також прямо або непрямо підключено до джерела електроживлення.

Пожежний сповіщувач – це пристрій для формування сигналу про пожежу. Він являє собою частину автоматичної системи пожежної сигналізації, до складу якої входить один або більше чутливих елементів, які постійно або через рівні проміжки часу контролюють один або декілька факторів пожежі та забезпечують подавання на приймально-контрольний прилад сповіщення про пожежу.

Рішення про подавання сигналу про пожежу приймається на рівні сповіщувача або приймально-контрольного приладу.

Пожежні сповіщувачі класифікуються за цілим рядом ознак залежно від виду контролюваного параметра (явища), за способом реагування на контрольовані параметри, за конфігурацією чутливого елемента тощо. Класифікатор пожежних сповіщувачів наведений в табл. 8.1.

Тепловий пожежний сповіщувач – автоматичний пожежний сповіщувач, який реагує на певне значення температури та (чи) швидкість її наростання.

Таблиця 8.1 – Види пожежних сповіщувачів

Види пожежних сповіщувачів (ПС)		
Теплові	точкові	максимальні, диференціальні, максимальньо- диференціальні
	лінійні	максимальні, диференціальні, максимальньо- диференціальні
Димові	точкові	радіоізотопні, оптичні
	лінійні	оптичні
Полум'я (світлові)		ІЧ-діапазону, УФ-діапазону, двох та більше спектральні видимого спектра випромінювання
Комбіновані ручні автономні		

Димовий пожежний сповіщувач – автоматичний пожежний сповіщувач, який реагує на аерозольні продукти горіння.

Радіоізотопний пожежний сповіщувач – димовий пожежний сповіщувач, який спрацьовує внаслідок впливу продуктів горіння на іонізаційний струм робочої камери сповіщувача.

Оптичний пожежний сповіщувач – димовий пожежний сповіщувач, який спрацьовує внаслідок впливу продуктів горіння на поглинання або розсіювання електромагнітного випромінювання сповіщувача.

Пожежний сповіщувач полум'я реагує на електромагнітне випромінювання полум'я.

Комбінований пожежний сповіщувач реагує на два (та більше) фактора пожежі.

Автономний пожежний сповіщувач полум'я являє собою пристрій, компоненти якого, необхідні для виявлення пожежі та подавання звукового сигналу, розміщені в одному корпусі.

Пожежний сповіщувач максимального типу формує сповіщення про пожежу у разі перевищення за певний період часу встановленого значення контрольованого параметра.

Пожежний сповіщувач диференціального типу формує сповіщення про пожежу у разі перевищення за певний період часу встановленого значення зміни швидкості контрольованого параметра.

Точковий сповіщувач реагує на параметр (явище), що контролюється поблизу його компактного чутливого елемента.

Лінійний сповіщувач реагує на виникнення фактора пожежі уздовж певної безперервної лінії.

Існують, в основному, два види комплексів пожежної сигналізації: об'єктові та централізовані. З об'єктових комплексів інформація надходить до диспетчерської (охорони) об'єкта, і далі черговий передає її по телефону до пожежної охорони. З централізованих комплексів сповіщення про пожежу передається через канал зв'язку (телефонну станцію або радіоканал) до пульта централізованого спостереження (ПЦС).

Питання до самоконтролю:

1. Які вимоги до вогнегасних речовин?
2. Що позначає комплексна дія вогнегасної речовини?
3. Що таке система протипожежного водопостачання?
4. Опишіть будову пожежного гідранта.
5. Що входить до складу внутрішнього протипожежного водопостачання?
6. Назвіть основні первинні засоби протипожежного захисту.
7. Наведіть основні види вогнегасників.
8. Назвіть недоліки хладонових вогнегасників.
9. Для чого призначені системи пожежної сигналізації та оповіщення?
10. Наведіть основні типи пожежних сповіщувачів.

ТЕМА 9. СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО ПОЖЕЖОГАСІННЯ

Мета вивчення теми

Ознайомитися з основними функціями систем автоматичного пожежогасіння, з їхньої класифікацією, розглянути принципи дії та обладнання різних видів систем автоматичного пожежогасіння.

План

1. Функції системи автоматичного пожежогасіння.
2. Класифікація систем автоматичного пожежогасіння. Спринклерна та дренчерна системи пожежогасіння.
3. Установки порошкового та газового пожежогасіння.

Основні терміни

Автоматична система пожежогасіння, водяні установки, спринклерна система пожежогасіння, спринклер, водозаповнена система, повітряна (суха) система, дренчерні система пожежогасіння, дренчер, пневматичний пуск, гідравлічний пуск, електричний пуск, автономне порошкове пожежогасіння, автоматичне порошкове пожежогасіння, агрегатне порошкове пожежогасіння, модульне порошкове пожежогасіння, системи газового пожежогасіння

1 Функції системи автоматичного пожежогасіння

Установки (системи) автоматичного пожежогасіння є одним із найбільш ефективних засобів придушення вогнищ загоряння і задимлення на самих ранніх стадіях [32].

Автоматична система пожежогасіння – система пожежогасіння, яка виконує функції виявлення ознак горіння, оповіщення про пожежу та подавання вогнегасної речовини без втручання людини (ДСТУ 2273).

Автоматичні системи пожежогасіння (АСПГ) поділяються за конструктивним виконанням, характером впливу на осередок пожежі або способом гасіння, за способом пуску відповідно до ДСТУ 2273.

Вибирати АСПГ слід з урахуванням характерних небезпечних факторів можливої пожежі, а також впливу вогнегасної речовини на довкілля та людей.

АСПГ повинні забезпечувати:

- спрацювання протягом часу, який має бути меншим за час початкової стадії розвитку пожежі;
- розрахункову інтенсивність подачі та/або необхідну концентрацію вогнегасної речовини;
- локалізацію пожежі протягом часу, необхідного для введення в дію оперативних сил і засобів, або її ліквідацію.

Автоматичні системи пожежогасіння повинні виконувати одночасно і функції системи пожежної сигналізації.

Для гасіння пожеж при загорянні жиру в зонах з кухонним обладнанням (плити; сковороди; вертикальні, кутові, ланцюгові печі; шашличні печі з використанням газу, дров, кам'яного вугілля; фритюрниці; жарові шафи; «китайські котли» тощо; системи витяжної вентиляції), на підприємствах харчування при кількості посадочних місць 50 та більше, необхідно використовувати модульні системи локального пожежогасіння, спеціалізовані для такого виду загорянь.

Якщо у приміщеннях, які не категоруються згідно з НАПБ Б.03.002 (торговельні, торговельно-виставкові комплекси тощо), розміщуються виробничі ділянки, що відносяться до категорій А, Б та В і не відокремлені протипожежними перешкодами, необхідно передбачати їх захист автоматичними системами пожежогасіння локального типу в межах ділянки (зони).

За вживаним в установках способу придушення зони загоряння або задимлення вони діляться на:

- поверхневого придушення;
- об'ємного;
- зонального.

За способом активації комплексу гасіння установки діляться на:

- з автоматичним запуском;
- з автоматичним і контрольним ручним запуском.

АСПГ об'ємним способом повинні забезпечувати формування керуючого імпульсу:

- на автоматичне відключення вентиляції та перекривання, за необхідності, прорізів у суміжні приміщення до початку подавання вогнегасної речовини у приміщення, яке захищається;

- на зачинення дверей, що за умов експлуатування повинні бути постійно відчиненими;

- на затримку подавання вогнегасної речовини в об'єм, який захищається, протягом часу, необхідного для евакуування людей згідно з ГОСТ 12.1.004, але не менше 30 с на видачу поперед жувальних сигналів про спрацювання системи.

При спрацюванні АСПГ об'ємним способом до подавання вогнегасної речовини у приміщення, яке захищається, повинен бути виданий сигнал у вигляді напису на світловому табло «ГАЗ (піна, порошок, аерозоль)! «ВИХОДЬ» та звуковий сигнал оповіщення. Біля входу до приміщення у цьому випадку повинен бути виданий світловий сигнал «ГАЗ (піна, порошок, аерозоль)! – «НЕ ЗАХОДИТИ!»», а у приміщенні чергового персоналу – відповідний сигнал щодо подавання вогнегасної речовини.

Двері приміщень, які обладнуються об'ємними АСПГ, повинні бути обладнані пристроями самозачинення. Час повного закриття клапанів системи примусової вентиляції (якщо така є у цьому приміщенні) не повинен перевищувати 30 с.

Приміщення станції пожежогасіння повинні бути:

- обладнані припливно-витяжною вентиляцією з нижнім забором повітря, що забезпечує стан повітряного середовища, вміст шкідливих речовин в якому не перевищує для них гранично-допустимих концентрацій;

- оснащені принциповою схемою системи із зазначенням напрямків подачі вогнегасної речовини, найменувань (номерів) приміщень, куди веде кожен напрямок, а також з описом принципу дії системи;

- відокремлені від інших приміщень протипожежними перегородками 1-го типу і перекриттями 3-го типу;

- обладнані аварійним освітленням безпеки, телефонним зв'язком.

Приміщення станції пожежогасіння забороняється розташовувати безпосередньо над і під приміщеннями категорій А, Б, В, за винятком приміщень категорії В, обладнаних автоматичними системами пожежогасіння.

Вихід із приміщення станції належить передбачати назовні, у вестибюль або коридор за умови, що відстань від виходу із станції до сходової клітки, яка має вихід безпосередньо назовні, не перевищує 25 м, а в коридор немає виходу приміщень категорії А, Б, В, за винятком приміщень категорії В, обладнаних автоматичними системами пожежогасіння.

Двері у приміщення станції пожежогасіння повинні бути постійно замкненими.

Ключі від приміщення станції пожежогасіння повинні знаходитися в приміщенні пожежного поста, про що при вході в приміщення станції пожежогасіння повинна бути відповідна інформація.

Для захисту окремих пожежонебезпечних ділянок, які згідно з будівельними нормами не підлягають обов'язковому оснащенню автоматичними системами пожежогасіння, можуть застосовуватись автономні системи пожежогасіння локального застосування.

2 Класифікація систем автоматичного пожежогасіння. Спринклерна та дренчерна системи пожежогасіння

У пожежогасінні використовують вуглекислий газ, аерозолі, хладон, вогнегасні порошки. Системи автоматичного пожежогасіння ділиться на:

водяне пожежогасіння; газове пожежогасіння; аерозольні системи пожежогасіння; комбіновані системи пожежогасіння; системи тонкорозпиленої води. [33].

Водяні установки. Ці установки діляться на спринклерні та дренчерні. **Спринклерні** призначені для локального гасіння пожежі. **Дренчерні** – для гасіння по всій території.

Також на ринку можна знайти установки з тонкорозпиленою водою. За рахунок дрібнодисперсного стану води ця установка більш ефективно справляється з пожежею.

Недолік водяних установок в тому що після закінчення дій не можеш оцінити що краще (пожежа або наслідки гасіння).

Спринклерна система. Принцип дії дуже простий.

Спринклер (рис.9.1) – це щось на зразок клапана, який закрито термочутливим запірним пристроєм. Зазвичай це скляна колба з рідиною, яка при підвищенні температури лопається, чим і приводить в роботу спринклерну систему пожежогасіння.



Рисунок 9.1 – Спринклер [34]

Залежно від середньої температури повітря в захищуваному приміщенні упродовж року автоматичні спринклерні системи проектують водозаповненими або сухими [35].

Спринклерні системи автоматичного пожежогасіння застосовують (рис.9.2) для захисту пожежонебезпечних приміщень з малою початковою швидкістю поширення пожежі і висотою не більше 20 м, а також для захисту конструкцій будинків, споруд, вентиляційних камер, внутрішньостелажних просторів з ненормованими висотами.

Водозаповнена система. Водозаповнена система є найпоширенішим типом спринклерних систем. У такій системі мережа розподільчих трубопроводів повністю заповнена водою під тиском. Проектується для приміщень з мінімальною температурою повітря 5°C і вище.

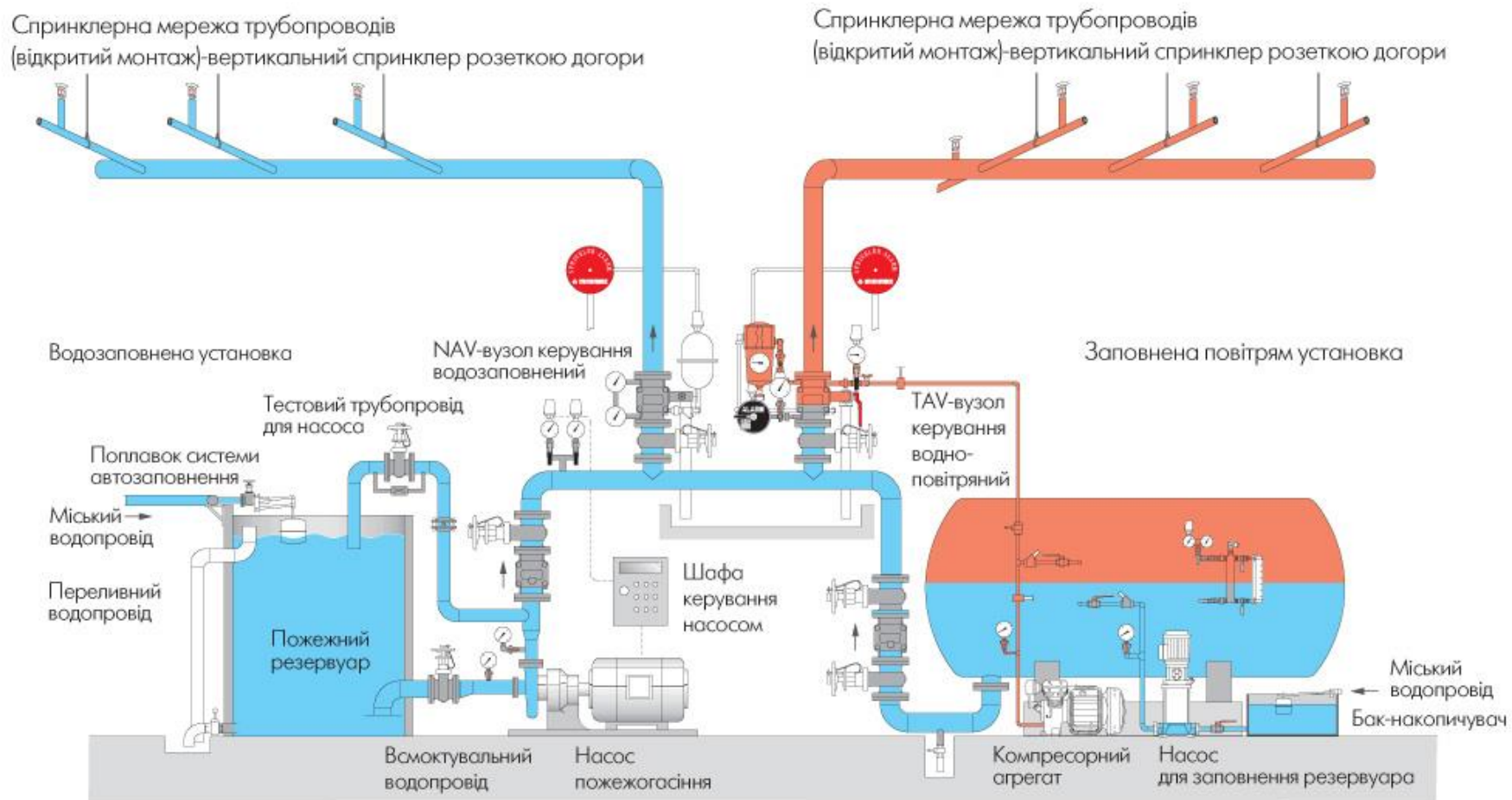


Рисунок 9.2 – Схема системи водяного пожежогасіння спринклерного типу (водозаповнена/сухотрубна) [35]

Повітряна (суха) система. Такі спринклерні системи розроблені спеціально для неопалюваних приміщень, де існує небезпека замерзання води в трубопроводах. У таких системах, починаючи від водоповітряного вузла керування, система не заповнена водою, лише стиснутим повітрям.

Дренчерні система. В дренчерній системі вода в трубопроводі подається якщо є пожежа, та гасить велику територію. Таку систему застосовують там де є легко займані речовини, де не виключено швидке поширення вогню.

Дренчер – це відкрита зрошувальна насадка на трубах протипожежної водопровідної мережі для створення водяної завіси (рис.9.3).



Рисунок 9.3 – Дренчер [36]

Дренчерная система пожежогасіння (рис. 9.4) – це складний комплекс протипожежних систем, що працює, найчастіше, спільно зі спринклерним пожежогасінням, пожежною сигналізацією, димовидаленням, оповіщенням про пожежу. Дренчерні установки пожежогасіння використовуються як для гасіння загорянь, так і для створення перешкод поширенню вогню і продуктів горіння – так звана дренчерна водяна завіса, що не допускає поширення пожежі. Крім того, дренчерна завіса екранує дим, токсичні продукти горіння і теплові потоки [37].

Дренчерне пожежогасіння: особливості. Дренчерне пожежогасіння витрачає велику кількість води, так як гасіння ведеться одночасно з усіх відкритих дренчерних головок. Тому необхідно застосовувати пуски окремих напрямків дренчерного гасіння – здійснювати запуск гілки, що відповідає за гасіння, в безпосередній близькості від місця загоряння або задимлення. Для запуску дренчерного пожежогасіння нам необхідний віддалений сигнал від зовнішніх систем виявлення пожежі. На відміну від спринклерних систем, де ми відстежуємо падіння тиску води або повітря в трубопроводі, в дренчерних системах немає штучного тиску після вузла управління, тому і виникає необхідність в отриманні віддаленого сигналу про настання пожежі.

Дренчерний вузол управління являє собою запірний клапан, перед якими існує деякий тиск води, а після якого – відкрита система з атмосферним тиском. Після отримання сигналу про пуск дренчерний клапан відкривається і запускає воду в мережу трубопроводів. Існують наступні типи запуску дренчерних систем (відрізняються за виглядом сигналів): пневматичний, гідравлічний, електричний.

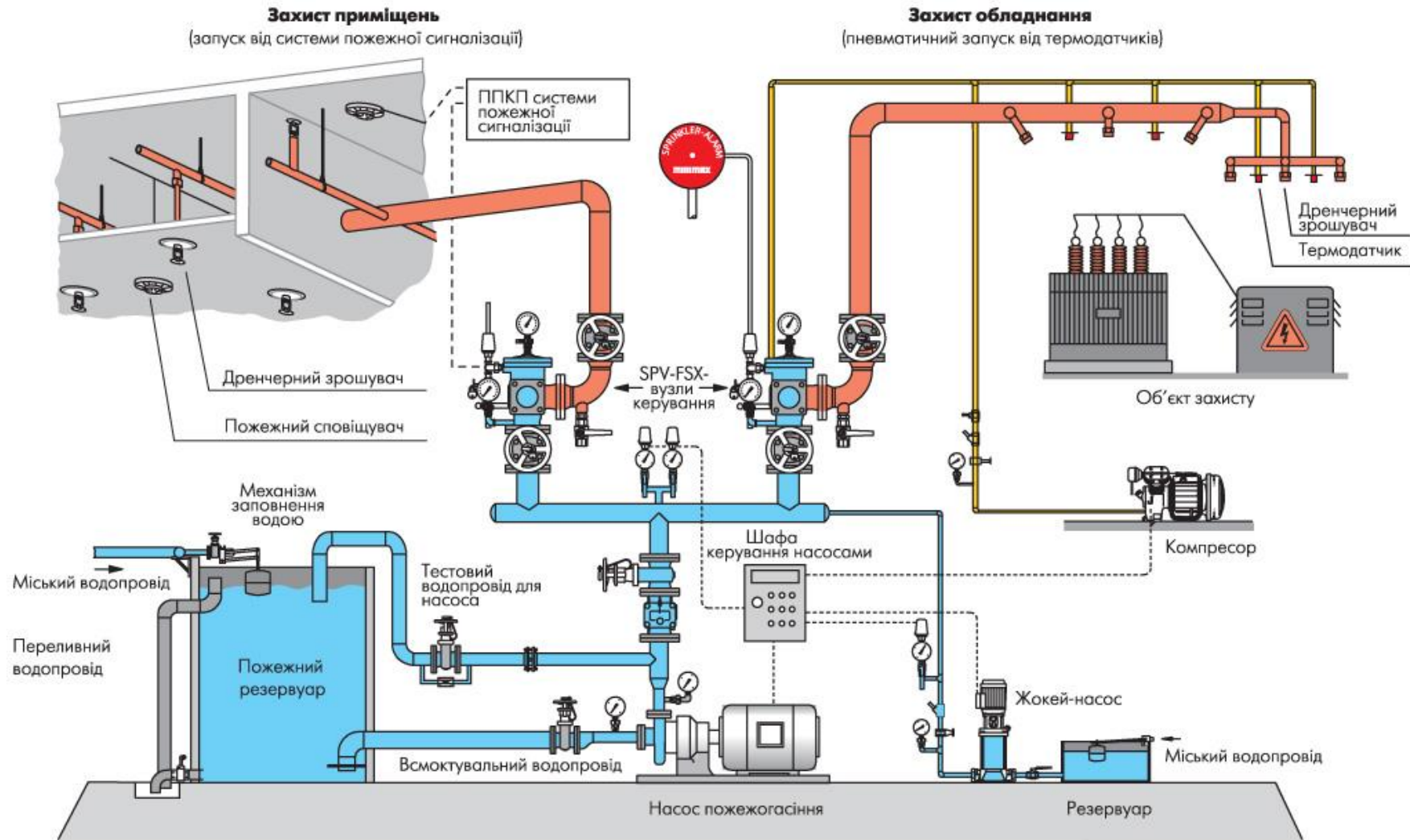


Рисунок 9.4 – Дренчерна система пожежогасіння [38]

Пневматичний пуск. В обв'язці вузла управління є трубопровід з закачаним під тиском повітрям і спринклерами головками вгору у якості датчиків підвищення температури.

При спрацьовуванні спринклера тиск в трубопроводі падає і вузол управління запускає дренчерне гасіння. Ми отримуємо симбіоз дренчерної і водо-повітряної систем пожежогасіння, в якій остання є сповіщувачем про пожежу та елементом запуску дренчерного гасіння.

Гідравлічний пуск. В обв'язці вузла управління є трубопровід із закачаною під тиском водою і спринклерами у якості датчиків температури. Як і в системах з пневматичним пуском, ми бачимо той же симбіоз дренчерної і водяної системи пожежогасіння, тільки трубопровід наповнений водою, а не повітрям.

Електричний пуск. Це найпоширеніший вид запуску дренчерних систем.

При отриманні електричного сигналу соленоїдний клапан в обв'язці дренчерного вузла управління відкриває запірний клапан і вода надходить у мережу дренчерних трубопроводів.

Сигнал про запуск може приходити від різних систем пожежної безпеки, найчастіше від пожежної сигналізації і від спринклерної системи пожежогасіння. Прилад адресної пожежної сигналізації точно визначає місце загоряння або задимлення і може подати сигнал про запуск дренчерної завіси або дренчерного гасіння для певної частини приміщення.

При запуску від спринклерної системи можна визначити тільки напрямок гасіння, а не точну локалізацію вогнища загоряння, але при грамотному проектуванні і цього достатньо для запуску потрібних гілок дренчерного гасіння.

Оптимальним місцем установки даної системи пожежогасіння є:

- коридори виробничих приміщень;
- сходові клітини житлових і комерційних будівель;
- шляхи евакуації;
- ескалатори в торгових і торгово-розважальних центрах.

3 Установки порошкового та газового пожежогасіння.

Системи порошкового пожежогасіння. В таких установках використовують спеціальний порошок.

Установки порошкового пожежогасіння: автономне порошкове пожежогасіння, автоматичне порошкове пожежогасіння, агрегатне порошкове пожежогасіння, модульне порошкове пожежогасіння [39].

Автономне порошкове пожежогасіння. Здійснюються функції виявлення та гасіння пожежі незалежно від зовнішніх джерел живлення та систем управління в автоматичному режимі. На відміну від автоматичних установок пожежогасіння не виконують функції автоматичної пожежної сигналізації.

Автоматичне порошкове пожежогасіння. Виявлення пожежі забезпечується автоматичною установкою пожежної сигналізації. Подача порошку виконується з необхідною інтенсивністю розпилювачів.

Агрегатне порошкове пожежогасіння. Застосовуються у випадках, коли потрібне створення нестандартного спеціального пристрою, а використання стандартних модулів неможливо. Тому воно збирається з декількох агрегатів.

Модульне порошкове пожежогасіння. Являє собою пристрої, у корпусі яких поєднані функції зберігання та подачі порошку при впливі виконавчого імпульсу на пусковий елемент. Має хороше поєднання ціна/надійність та рекомендується до застосування провідними фахівцями в галузі пожежної безпеки.

Область застосування – гасіння горючих рідин і твердих матеріалів та обладнання, що знаходиться під напругою. Модулі також використовуються для гасіння речовин, які горять без доступу повітря. Модулі порошкового пожежогасіння входять до складу автономних і автоматичних установок. Моделі відрізняються між собою технічними характеристиками, а також конструктивним виконанням.

Переваги використання систем порошкового пожежогасіння:

- низька вартість протипожежного захисту об'єкта;
- простота монтажу та встановлення;
- тривалий термін зберігання вогнегасного порошкового складу;
- можливість застосування у діапазоні температур від -50°C до $+50^{\circ}\text{C}$.

Недоліки:

- неможливість застосування на об'єктах, на територію яких люди не можуть покинути до початку подачі вогнегасних порошкових складів;
- складність застосування порошкових складів в установках пожежогасіння з централізованою подачею вогнегасної речовини у зв'язку з фізичними властивостями порошоків;
- порошкове пожежогасіння неефективне при гасінні загоряння речовин, здатних горіти без припливу повітря, а також виробів з деревини при високих значеннях пожежного навантаження;
- значні експлуатаційні витрати.

Модулі порошкового пожежогасіння – один з основних елементів систем порошкового пожежогасіння. Вони мають функцією самоспрацьовування в разі, коли в приміщенні температура повітря досягає певної відмітки в $^{\circ}\text{C}$.

Прикладом такої системи пожежогасіння є система NAFFCO [40] – це попередньо розроблена, картриджна (модульна) порошкова система або з фіксованою системою випуску через форсунку, або із системою рукавної лінії. У системі передбачене автоматичне виявлення загоряння, на такий випадок система вмикається або вручну, або автоматично, керуючи вставним клапаном балона. Ця операція створює надлишковий тиск і утворює суспензію із сухого вогнегасного складу в баку. В разі досягнення необхідного тиску проривається розривна мембрана і сухий вогнегасний склад проштовхується через систему рукавної лінії (із ручним керуванням) або через фіксовану форсунку в захищені зони, пригнічуючи вогонь (рис. 9.5).

Система пожежогасіння NAFFCO здатна забезпечувати локальний захист для мобільного встаткування від виробничих ризиків.



Рисунок 9.5 – Система пожежогасіння NAFFCO [40]

У разі виникнення деяких виробничих ризиках можна використовувати об'ємне гасіння

Автоматичні установки, які передбачають використання модулів порошкового пожежогасіння, встановлюються найчастіше на об'єктах: приміщеннях з електроустановками під напругою, на складах, в серверних, торгових залах, офісах, виробничих і адміністративних приміщеннях.

Системи газового пожежогасіння. Система газового пожежогасіння являє собою сукупність технічних стаціонарних засобів пожежогасіння для гасіння осередків пожежі за рахунок автоматичного випуску газової речовини. Гасіння пожеж газом застосовуються в основному для захисту об'єктів з цінним майном та обладнанням (дата-центри, архіви).

У якості речовини, що застосовується для гасіння пожежі застосовуються наступні гази: аргон, азот, шестифосфорна сірка, двоокис вуглецю, інерген та інші гази.

Принцип роботи газового пожежогасіння засновано на зниженні концентрації кисню за рахунок вступу в зону реакції негорючого газу. Гасіння пожежі здійснюється заповненням приміщення розрахунковою кількістю вогнегасної речовини. Додатковим ефектом при пожежогасінні може бути зниження температури в приміщенні, де сталося займання, якщо застосовується скраплений газ. Як вже було зазначено вище, газ не завдає збитку предметам, що знаходяться в приміщенні, на відміну від інших засобів, які застосовуються для боротьби з вогнем. Наслідки гасіння дуже просто усуваються шляхом звичайного провітрювання [41].

Додатковою перевагою газової протипожежної системи є можливість її використання в приміщеннях з мінусовою температурою.

Автоматична установка газової системи пожежогасіння конструктивно зазвичай складається з 2-х частин: пожежної сигналізації для виявлення

займання і сповіщення, ємності з газом (батареї, модулі), трубопроводи і насадки-розпилювачі

Автоматичне газове пожежогасіння заборонено застосовувати для горючих матеріалів, схильних до самозаймання та горіння без доступу повітря, а також для хімічних речовин і їх сумішей, гідридів металів та порошоків металів.

Автоматичне пожежогасіння вуглекислим газом (CO_2). Вуглекислий газ (CO_2) – бюджетний варіант. Це одна з найдешевших речовин, що і обумовлює його популярність у використанні для гасіння великих об'ємів або на відкритому повітрі.

Найчастіше застосовують рідкий різновид CO_2 у охолоджену стані, що дозволяє отримати подвійний ефект: розбавити повітряну суміш, переводячи її нижче порогу горіння; знизити температуру в місці займання.

Недоліки вуглекислотного гасіння пожеж – вуглекислотне пожежогасіння небезпечне для людини. Саме тому гасіння газом CO_2 застосовують або на відкритих майданчиках, або в приміщеннях з обмеженим перебуванням персоналу. Також з вищенаведеної причини проектування, монтаж або встановлення систем *вуглекислотного* гасіння пожеж заборонене в приміщеннях, в яких неможлива евакуація людей до початку роботи установки, а також на об'єктах з чисельністю 50 і більше чоловік. Також при проектуванні системи газового пожежогасіння на основі CO_2 в приміщенні передбачається світлове, звукове сповіщення про використання токсичного газу, а також розрахована затримка спрацювання установки гасіння пожежі.

При проектуванні системи газового пожежогасіння приміщень, в яких присутній персонал, зазвичай використовують системи на основі Газу Noves 1230 [41]. Це рідина без кольору, запаху і часто називається сухою водою, тому що візуально вона схожа на чисту воду. Noves 1230 є діелектриком, тобто не проводить електричний струм, слабо змочує і не є розчинником, тому отримало назву «суха вода». Цей газ нетоксичний, має вкрай низьку розчинність у воді. Слабкі молекулярні зв'язки розпадаються під впливом ультрафіолету. Він не впливає на працюючу електроніку, не руйнує паперові документи та мистецькі твори. Ці властивості забезпечили застосування Noves 1230 в системах пожежогасіння для серверних приміщень та іншої електроніки, бібліотек, музеїв, архівів. У разі спрацювання системи пожежогасіння та випуску пожежогасної речовини в атмосферу, Noves 1230 руйнується у верхніх шарах атмосфери під впливом ультрафіолету та видаляється з навколишнього середовища протягом кількох діб. Відсутня кумулятивний ефект, властивий хладамам, тобто речовина довго не зберігається в атмосфері.

Питання до самоконтролю:

1. Що повинна забезпечувати автоматична система пожежогасіння?
2. Що повинна забезпечувати
2. Які пред'являють вимоги до приміщення станції пожежогасіння?
3. Опишіть принцип дії спринклерної системи пожежогасіння.
4. Опишіть принцип дії дренчерної системи пожежогасіння.

5. Наведіть область застосування автономне порошкове пожежогасіння.
6. Які має функції модулі порошкового пожежогасіння?
7. Наведіть область застосування газового пожежогасіння.
8. Опишіть принцип роботи газового пожежогасіння.
9. Які недоліки систем вуглекислотного гасіння пожеж?

ТЕМА 10. ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ПРИ МЕХАНІЧНІЙ ОБРОБЦІ МАТЕРІАЛІВ

Мета вивчення теми

Ознайомитися з основними методами механічної обробки твердих матеріалів, розглянути джерела виникнення пожежі при механічній обробці металів, деревини та пластмаси.

План

1. Технології механічної обробки матеріалів.
2. Джерела виникнення пожежі при механічній обробці металів.
3. Пожежна небезпека процесів механічної обробки деревини.
4. Пожежна небезпека процесів механічної обробки пластмаси.

Основні терміни

Механічна обробка, механічна обробка різанням, точіння, свердління, полірування, струганням, протягуванням, шліфуванням, розкрій, остаточна механічна обробка деревини.

1 Технології механічної обробки матеріалів

Механічна обробка – це процес створення прототипу та виробництва, який створює бажану кінцеву форму шляхом видалення непотрібного матеріалу з більшого шматка матеріалу [42].

Механічна обробка підтримує багато різних матеріалів. Найчастіше використовується на металевих заготовках, включаючи залізо, сталь, алюміній, бронзу та мідь. Тим не менш, заготовки з неметалічних матеріалів також можна обробляти, включаючи деревину, кераміку, пластмаси та композити.

Механічна обробка різанням – основний спосіб обробки різноманітних матеріалів [43]. Він використовується для отримання деталей з заданою формою, розмірами та шорсткістю поверхні, що відповідають кресленню.

Заготовки деталей, які отримані методами лиття, прокатування, кування, штампування та іншими способами, потребують подальшої обробки різанням. При цьому із заготовок знімається шар металу, який називається припуском. Виконують таку обробку на металорізальних верстатах ріжучими інструментами. Для здійснення різання необхідне поєднання двох рухів – головного і руху подання. Головний рух забезпечує локальне зняття шару металу,

а рух подання – послідовне зняття шару за шаром з усієї заготовки. Швидкість головного руху завжди більша від швидкості подання.

В цехах холодної обробки металів проводяться токарні, стругальні, фрезерувальні, шліфувальні, зуборізальні, довбальні, свердлильні, зварювальні та інші роботи з використанням відповідного обладнання (верстатів та механізмів).

Процеси обробки можна розділити на три основні категорії: токарна обробка, фрезерування та свердління [https://www.epowermetals.com/uk/machining-beginners-guide-to-machining.html].

Точіння – це процес, який використовує нерухомий інструмент для видалення матеріалу з обертової заготовки. З іншого боку, **фрезерування** – це процес обробки, який використовує обертовий інструмент для видалення матеріалу з нерухомої заготовки.

Свердління – це механічний процес, у якому використовується обертовий інструмент, який називається свердлом, для прорізання різьбових отворів у заготовці.

Існують інші процеси обробки, які не підпадають під жодну з цих трьох категорій. **Полірування**, наприклад, є процесом, який базується на ковзаючому контакті для деформації поверхні заготовки. Полірування часто використовується на пластикових заготовках для отримання більш гладкої поверхні. Полірування, унікальне тим, що зазвичай не утворюють стружки.

Струганням називають спосіб оброблення плоских поверхонь заготовки за допомогою різця. Головним рухом у цьому способі є зворотно-поступальне переміщення інструмента або заготовки.

Протягуванням називають спосіб оброблення зовнішніх і внутрішніх поверхонь заготовки з допомогою протяжки. Це дуже продуктивний спосіб різання, який забезпечує високу точність розміру та малу шорсткість обробленої поверхні. Головним рухом є поздовжнє переміщення інструмента, а рух подачі відсутній.

Шліфуванням називають спосіб оброблення поверхонь заготовки за допомогою шліфувальних кругів з метою досягнення точніших розмірів і зменшення шорсткості поверхні. **Найпоширеніші способи шліфування:** кругле зовнішнє, кругле внутрішнє (для оброблення отворів) і плоске (для оброблення площин). Головним рухом в процесі шліфування є обертання інструмента. Рух подання переважно комбінований і складається з декількох рухів. Наприклад, у процесі круглого зовнішнього шліфування – це обертання заготовки навколо своєї осі, поздовжнє переміщення заготовки відносно інструмента та поперечне переміщення інструмента відносно заготовки [43].

2 Джерела виникнення пожежі при механічній обробці металів

Механічна обробка металів пов'язана з подоланням значних сил тертя, в результаті чого відбувається нагрівання оброблювального матеріалу, ріжучого інструмента та відходів.

Основними факторами, які впливають на ступінь розігріву матеріалу при механічній обробці, є:

- швидкість різання (з підвищенням швидкості різання кількість тепла збільшується);
- величина подавання ріжучого інструменту (збільшення подавання інструменту також супроводжується інтенсивним виділенням тепла);
- якість загострення інструменту (чим нижча якість заточування інструменту, тим інтенсивніше тепловиділення);
- механічні та технологічні властивості матеріалів.

При нормальних режимах різання тепло, яке виділяється, не є небезпечним. Якщо режими роботи порушуються, то температура стружки, інструменту, деталі, що обробляється, значно підвищується. Це може призвести до загоряння матеріалів.

Горючими матеріалами в цехах холодної обробки металів в основному є масла в системах змазування верстатів, в системах гідропривода; масло також використовується для охолодження та змазування ріжучого інструменту.

Механічні цехи сучасних машинобудівних заводів мають розвинені масляні комунікації, посудини, фільтри для очищення масла, загальна кількість яких може сягати сотень тон. Небезпечним є і масло для захисту заготовок металу від корозії. Метал, який надходить на механічну обробку (сталі листи або рулонну сталь, які надходять на штампування) покривають шаром мастила з метою захисту від корозії. Разом із відходами це мастило потрапляє на транспортери, з допомогою яких відходи вилучають з цеху. Транспортери забруднюються маслом. Створюються умови для розвитку і поширення пожежі [43].

Вимоги пожежної безпеки в процесах механічної обробки металів передбачають дотримання встановленого режиму обробки деталей на верстатах (швидкість різання, величина подавання тощо) та недопущення використання в роботі незагостреного інструменту, а також верстатів, непридатних для обробки цього матеріалу.

Важливим є дотримання справності і ефективності роботи систем охолодження верстатів. Вода не тільки охолоджує матеріал та інструмент, але і вилучає з робочого місця пожежонебезпечні відходи (крихту, пил, стружку), а також запобігає можливості утворення статичної електрики. Систему подачі води блокують з системою запуску верстата, щоб виключити можливість роботи верстата при виключеній або несправній системі подачі води.

Особливі вимоги до справності масляної системи. Витікання масла назовні повинно бути виключене. Не допускається розлив масла і забруднення робочої поверхні верстата, а також поблизу розташованого простору. У випадку витікання масла слід провести детальне прибирання і очищення з використанням технічних миючих засобів.

Особливу пожежну небезпеку має обробка магнію, титану, цирконію та їх сплавів. Пил магнієвих сплавів загоряється навіть від іскри, горіння має характер вибуху. Пил і стружка магнію та його сплавів при наявності залишків масел

можуть самозагорятись. Ще небезпечнішим є вологий магнієвий пи́л, горіння якого протікає надзвичайно інтенсивно і також має характер вибуху. Існує можливість займання наелектризованого магнієвого пи́лу, який нагромаджується на стінках витяжних трубопроводів. Електризація пи́лу може відбутися і внаслідок тертя при роботі шліфувальних верстатів. При роботі з магнієм небезпеку мають і пиловловлювальні установки з водяним зрошенням (водяними фільтрами). Магнієвий пи́л нагромаджується на поверхні води, а через незадовільну вентиляцію фільтрів в них можливе утворення вибухонебезпечної концентрації водню, який утворюється внаслідок взаємодії магнію з водою. Для запобігання пожеж та вибухів механічна обробка магнієвих сплавів повинна проводитися гострим і правильно заточеним інструментом, забезпечуючи при цьому мінімальну величину тертя. При обробці виробів на токарних, фрезерних, стругальних та інших верстатах охолодження необхідно проводити маслом або струменем повітря. Використання води для охолодження виробів із магнію та його сплавів заборонено, оскільки при взаємодії її з магнієм утворюється водень. Слід намагатися звести до мінімуму можливість утворення іскор. З цією метою кожухи верстатів, повітроводи повинні бути виконані з металів, які при ударі не утворюють іскор.

Пи́л, який утворюється під час обробки виробів ви́лучається за допомогою спеціальної вентиляційної системи [43].

Систематично проводять прибирання приміщень цехів для обробки матеріалів від пи́лу. Електрообладнання верстатів для обробки магнієвих сплавів повинно бути тільки у вибухозахищеному виконанні. Локалізація горіння магнієвих сплавів здійснюється піском, порошком оксиду магнію, графітом.

3 Пожежна небезпека процесів механічної обробки деревини

Механічна обробка деревини відбувається наступним чином: пиляння (розкрій), стругання, фрезерування, точіння, довбання, шліфування.

Розкрій – це розпилювання пиловочної сировини, пиломатеріалів у поздовжньому або поперечному напрямку.

Для розкрою використовують лісопилні рами, стрічкопилні та кругопилні верстати.

У результаті розкрою пиломатеріалів одержують чорнові заготовки, які зазнають подальшої механічної обробки, що полягає в створенні базових поверхонь, обробці інших поверхонь і ребер, торцюванні заготовок під точний розмір по довжині. Ці операції здійснюються на кругопильних торцювальних і поздовжньо-фрезерних верстатах [44].

Отримані з деревини чистові заготовки піддають наступним операціям: нарізування шипів і вушок; вибирання гнізд і отворів; профілювання (фрезерування), зачищення поверхні (циклювання й шліфування).

Шипи й вушка на кінцях деталей формуються на шипорізних верстатах. Висвердлювання наскрізних і нескрізних отворів, утворення пазів проводиться на свердлильних, свердлильно-пазувальних і ланцюгодовбальних поверхонь із

вибіркою пазів, гребенів, фальців, тобто створення певних профілів, здійснюється на фрезерних верстатах, у яких в якості ріжучих інструментів застосовуються фрези.

Остаточна механічна обробка деревини – це шліфування поверхні шліфувальною стрічкою, що має паперову або тканинну основу, на яку наклеєні абразивні зерна.

Горюче середовище в цехах механічної обробки деревини створюють: деревина, відходи деревини, масла й засоби змащування в деревообробних верстатах. При механічній обробці деревини виділяється значна кількість пилу й дрібної стружки, які є більш пожежонебезпечними, ніж компактна деревина. Деревний пил, що утворюється при роботі шліфувальних верстатів, здатний утворювати пожежовибухонебезпечні суміші з повітрям.

Основними джерелами запалювання в процесах механічної обробки деревини є:

- теплота тертя при перегріванні підшипників вентиляторів, транспортерів, електродвигунів верстатів внаслідок порушення режиму їх змащування, перекосах валів і пил, забруднення поверхні пилом або відходами деревини; нагрівання й займання привідних ременів при проковзуванні. Теплота тертя може стати джерелом запалювання також при розпилюванні твердих порід деревини, наявності в ній сучків, перевантаженню й перекосах пил;

- іскри удару, які утворюються у випадку порушення взаємного розташування рухомих і нерухомих деталей ексцентриків, а також за наявності в деревині металевих елементів: цвяхів, шматочків металу;

- іскри й електричні дуги при механічному ушкодженні ізоляції електричних кабелів, підключених до електродвигунів верстатів;

- іскрові розряди статичної електрики при роботі пневмотранспорту та стрічок чи ременів верстатів;

- удари блискавки та її вторинні прояви;

- теплота самозагоряння деревних відходів, просочених маслом (при їхньому скупченні під верстатами або тривалому зберіганні), а також промаслених обтиральних матеріалів;

- застосування відкритого вогню (паління, вогневі ремонтні роботи).

Також поширенню пожежі в цехах механічної обробки деревини сприяють:

- горючі конструкції будівель;

- деревина і відходи її обробки;

- повітроводи систем вентиляції;

- системи видалення відходів виробництва, конвеєрні лінії та технологічні отвори.

Специфічні вимоги щодо забезпечення пожежної безпеки при проведенні процесів механічної обробки деревини [18]:

- приміщення та обладнання мусять регулярно очищати від пилу, стружок, тирси і промаслених обтиральних матеріалів. Періодичність очищення від пилу високо розташованих будівельних конструкцій, інженерних комунікацій і світильників в приміщеннях має визначатися залежно від часу накопичення пилу

в небезпечній кількості і згідно з цеховою інструкцією про заходи пожежної безпеки;

- прибирання пилу у виробничих приміщеннях з будівельних конструкцій, обладнання, інженерних комунікацій і світильників має проводитися за допомогою промислових пилососів у вибухозахищеному виконанні або спеціальною системою пневмоприбирання, а при їх відсутності – вологим способом, що унеможливує утворення пилу. Стисле повітря для прибирання використовувати не допускається;

- для видалення відходів деревообробні верстати мають бути обладнані справними місцевими відсмоктувачами. Робота верстатів при вимкнених системах вентиляції і пневмотранспорту не допускається;

- для запобігання осадженню відходів у повітроводах місцевих відсмоктувачів і пневмотранспорту швидкість руху повітря при відсмоктуванні приймають не менше 15 м/с;

- у пневмотранспортних і аспіраційних системах, в бункерах необхідно не допускати утворення застійних зон, що ведуть до відкладення пилу;

- системи транспортування стружки і пилу мають виключати розсип матеріалів;

- має здійснюватися контроль справності електрообладнання і електропроводки;

- не допускається перевантаження електрообладнання верстатів;

- необхідно періодично здійснювати контроль температури підшипників;

- для роботи має застосовуватися гострий і правильно заточений ріжучий інструмент;

- у системах пневмотранспорту мають застосовуватися вентилятори у вибухобезпечному виконанні;

- для запобігання потраплянню металевих предметів в аспіраційні і вентиляційні установки, що видаляють пожежонебезпечні речовини, повітроводи за місцевими відсмоктувачами мають бути обладнані сітками з розміром осередку 10x10 мм або магнітними уловлювачами;

- передача руху від електродвигуна до механізмів мусить здійснюватися за допомогою клиноподібних пасів.

4 Пожежна небезпека процесів механічної обробки пластмаси

Механічну обробку деталей при виробництві виробів з пластмас застосовують з метою [18]:

- виготовлення точніших, ніж при пресуванні або литві деталей;

- виготовлення деталей з листових пластиків;

- видалення літників, облою, ґрату, плівки в отворах;

- більш економічного виготовлення деталей складної конфігурації;

- виготовлення деталей в умовах одиничного і дрібносерійного виробництва.

При механічній обробці пластмас розрізняють наступні способи: розділове штампування, обробку пластмас різанням.

Розділове штампування застосовують для виготовлення деталей з листових матеріалів. При цьому виконують наступні операції: вирубку, пробивку, відрізу, розрізання, обрізання, зачистку.

Обробку пластмас різанням застосовують для обробки (видалення літників, облою, плівки тощо) після гарячого формоутворення деталей і як самостійний спосіб виготовлення деталей з пластмас виробів. При цьому виконують наступні операції: розрізання, точіння, фрезерування, свердлення, нарізування різьб, шліфування, полірування. Термопласти обробляють стрічковими і дисковими пилами, вирубують на штампах, а також фрезерують і свердлять відповідними інструментами. Для механічної обробки виробів з реактопластів застосовують шліфувальні круги, фрези, різці, свердла з твердих сплавів або інструментальної і швидкорізальної сталі.

Горюче середовище в цехах механічної обробки пластмас складають: оброблювані матеріали, відходи виробництва, у тому числі і вибухопожежонебезпечний пил.

Для процесів механічної обробки пластмас характерні джерела запалювання з природою походження, властивою процесам механічної обробки деревини. Розповсюдженню пожежі в цехах механічної обробки пластмас сприяють:

- горючі конструкції будівель;
- пластмаси і їх відходи;
- розплави пластмас;
- технологічні отвори і комунікації.

Специфічні вимоги щодо забезпечення пожежної безпеки при проведенні процесів механічної обробки пластмас [18]:

- установки високочастотного нагріву пресматеріалів мають розміщуватися в металевих добре екранованих шафах. Установки мають бути забезпечені блокуваннями, які забезпечують при відкритті дверей повне зняття напруги зі всіх елементів, що знаходяться у відсіку, що відкривається;

- сушильні камери, просочувальні установки, автоклави й інші нагрівальні пристрої мусять мати вимірювальні і регулюючі пристрої, а також засоби аварійної сигналізації;

- бункери й інші ємкості, які використовують для зберігання сипких дрібнодисперсних пожежонебезпечних речовин і матеріалів, мають періодично оглядати і при необхідності очищати від залишків продукту і відкладень пилу; – обладнання і апарати, при роботі яких відбувається утворення пилу (роторні машини та ін.) мають бути герметичними;

- переробка поліформальдегіду має проводитися при температурі, що не перевищує температуру його плавлення більше ніж на 10 °С;

- електроживлення нагрівачів стаціонарних пресформ і нагрівальних плит мусить мати напругу не більше 36 В;

- станини технологічного обладнання, корпуси електродвигунів, конструктивні частини електронагрівальних приладів, а також металеві частини, які можуть опинитися під напругою, мають бути заземлені;
- для відведення статичної електрики, що накопичується на працівнику, мають бути влаштовані підлоги з підвищеною електропровідністю (заземлені робочі майданчики);
- необхідно застосовувати струмопровідне спеціальне взуття з підошвою зі шкіри, струмопровідної гуми або із струмопровідними заклепками;
- не допускається під час роботи носити одяг із синтетичних тканин, здатних до електризації; не дозволяється також носити кільця і браслети, щоб уникнути акумуляції зарядів електрики;
- робітники, які працюють з матеріалами і на підлогах, що електризуються, мають періодично торкатися до заземлених частин металевим предметом, тримаючи його в руці.

Питання до самоконтролю:

1. Наведіть основні технології механічної обробки матеріалів.
2. Які фактори впливають на розігрів матеріалу при механічній обробці?
3. Наведіть вимоги пожежної безпеки в процесах механічної обробки металів.
4. Що створює горюче середовище в цехах механічної обробки деревини?
5. Наведіть основні джерела запалювання в процесах механічної обробки деревини.
6. Назвіть основні заходи та засоби щодо забезпечення пожежної безпеки в процесі механічної обробки деревини.
7. Сформулюйте основні вимоги пожежної безпеки при проведенні процесів механічної обробки пластмас.

ТЕМА 11. ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ПРОЦЕСІВ ЗБЕРІГАННЯ ГОРЮЧИХ РЕЧОВИН І МАТЕРІАЛІВ

Мета вивчення теми

Ознайомитися з основними вимогами пожежної безпеки процесів зберігання горючих газів, розглянути принципи дотримання пожежної безпеки при зберіганні легкозаймистих і горючих рідин та горючих матеріалів.

План

1. Вимоги пожежної безпеки процесів зберігання горючих газів.
2. Вимоги пожежної безпеки процесів зберігання легкозаймистих і горючих рідин.
3. Пожежна безпека процесів зберігання твердих горючих матеріалів.

Основні терміни

Газгольдери, підземне зберігання газу, підземне сховище газу, протипожежні розриви, балон, резервуар, наземні резервуари, підземні резервуари, горючі тверді матеріали, паливоподача твердого палива.

1 Вимоги пожежної безпеки процесів зберігання горючих газів

У містах і населених пунктах в першу чергу газ подається в житлові будинки для задоволення побутових потреб населення, а також підприємствам і установам комунально-побутового і культурного обслуговування.

Залежно від агрегатного стану газу, необхідних обсягів його зберігання, технічних і технологічних умов експлуатації виділяють такі способи його зберігання [45]:

- газгольдери різної конструкції з жорсткими стінками;
- м'які та композитивні газгольдери;
- балони і контейнери;
- підземні сховища;
- траншейні сховища;
- підводні сховища;
- трубопроводи.

Газгольдери є інженерними спорудами, де зберігається газ різного призначення і походження. Вони забезпечені спеціальними пристроями, необхідними для регулювання основних параметрів продуктів, що зберігаються. Залежно від свого призначення газгольдери можуть виконувати як одну, так і декілька функцій, основними з яких є [43]:

- короткочасне або тривале зберігання газу;
- вирівнювання тиску газу в замкнутій розподільчій системі;
- акумулювання енергії тиску газу, що зберігається;
- вимірювання кількості видобутого або газу, що виробляється;
- надійний розподіл газу під час наповнення цистерн, балонів та іншого схожого обладнання;
- змішування, а також перемішування газу різних концентрацій або складів;
- оповіщення про стабільність або порушення встановленого технологічного процесу.

Залежно від тиску газгольдери поділяють на два основні класи: низького тиску (до 0,07 МПа) – клас I та високого тиску (від 0,07 до 3 МПа) – клас II (рис. 11.1).

Суттєва відмінність існує між газгольдерами постійного тиску та газгольдерами постійного об'єму.

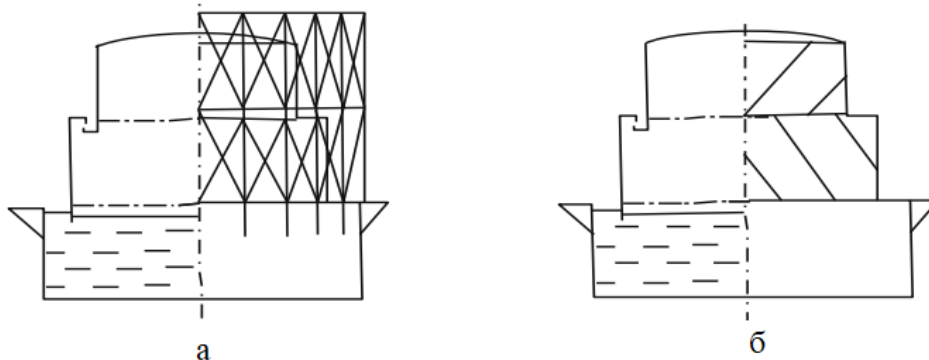
Газгольдери постійного тиску – посудини змінного об'єму, в яких об'єм газу легко змінюється, а тиск залишається незмінним. В газгольдерах постійного об'єму геометричний об'єм залишається стабільним, а тиск газу можна змінювати у заздалегідь заданих межах залежно від параметрів технологічного процесу, а також міцності і надійності споруди [43].



Рисунок 11.1 – Газгольдер

Газгольдери низького тиску, як правило, є газгольдерами постійного тиску. За технологічними і конструктивними особливостями їх поділяють на дві групи: *мокрі газгольдери* (газгольдери з водяним басейном) – група I (рис.11.2 а,б), *сухі газгольдери* – група II (рис.11.3, рис.11.4).

Мокрі газгольдери (газгольдери з водяним басейном) бувають двох типів (рис. 11.2 а,б): мокрі газгольдери з вертикальними напрямними – тип I та мокрі газгольдери з гвинтовими напрямними – тип II.

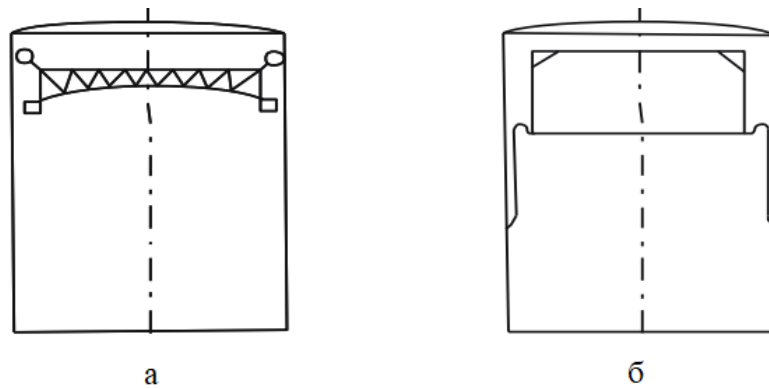


а – з вертикальними напрямними – тип I; б – з гвинтовими напрямними – тип II

Рисунок 11.2 – Мокрі газгольдери (газгольдери з водяним басейном) [43]

За принципом роботи мокрі газгольдери обох типів є газгольдерами низького типу і змінного об'єму. Відмінність між ними полягає в системах конструкцій, що сприймають дію горизонтальних сил (вітер, нерівномірний сніг на даху тощо), а також в системі вирівнювання окремих елементів газгольдера при зміні об'єму.

Сухі газгольдери також поділяють на два основні типи (рис. 11.3 а, б): сухі газгольдери поршневого типу – тип I та сухі газгольдери з гнучкою секцією (мембраною) – тип II.



а – сухі газгольдери поршневого типу; б – сухі газгольдери з гнучкою секцією (мембраною)

Рисунок 11.3 – Сухі газгольдери змінного об'єму і постійного тиску [43]

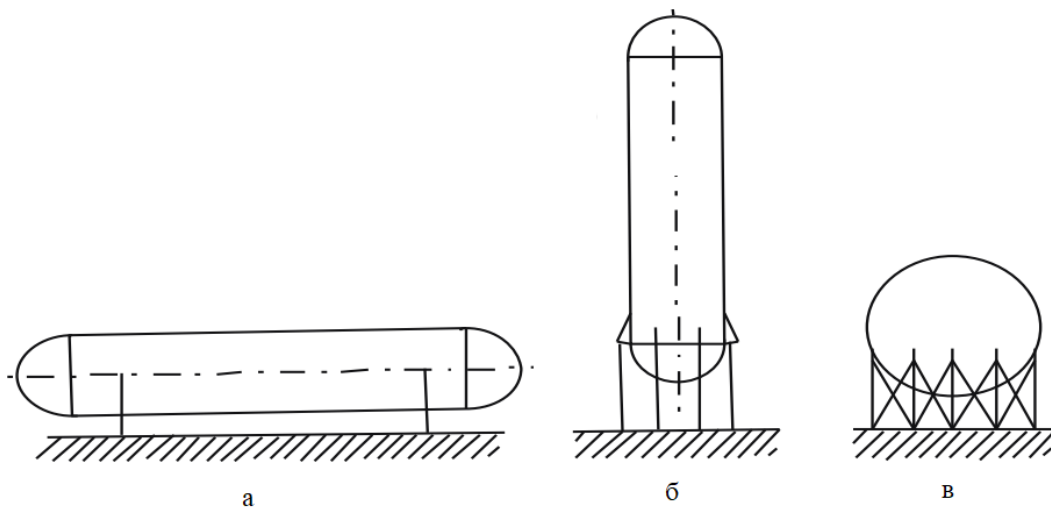


Рисунок 11.4 – Сухі газгольдери постійного об'єму [43]

Сухі газгольдери обох типів належать до газгольдерів змінного об'єму і постійного тиску. Газгольдери постійного об'єму експлуатуються при підвищеному і високому тиску газів і відрізняються за геометричною формою. Тиск газу в таких газгольдерах є змінним і зростає при збільшенні об'єму газу, що подається в газгольдер з допомогою спеціальних компресорних пристроїв.

За геометричною формою газгольдери постійного об'єму також поділяються на два основні типи: а) циліндричні газгольдери з сферичними днищами, які розташовуються як в горизонтальному, так і у вертикальному положенні (рис. 11.4 а, б); б) сферичні (кулясті) газгольдери, які опираються на окремі стійки чи на спеціальний стакан – тип ІІ (рис. 11.4 в).

Газгольдери низького тиску бувають мокрі і сухі, а газгольдери високого тиску – циліндричні зі сферичними днищами (горизонтальними і вертикальними) і сферичні. Міцність газгольдерів залежить від їх конструкції: мокрих – до 50 000 м³, сухих з гнучкою секцією – до 10 000 м³, кулястих – від 600 до 2000 м³, горизонтальних циліндричних – від 50 до 300 м³, вертикальних циліндричних – від 50 до 200 м³.

Мокрі газгольдери мають просту конструкцію, надійні в експлуатації і менш небезпечні з пожежної точки зору. Працюють при тиску до 0,07 МПа, який залишається практично незмінним в процесі їх наповнення або спорожнення.

У сухих газгольдерів на відміну від мокрих відсутній водяний басейн і нерухомий корпус. Перевагами таких газгольдерів є відсутність пристроїв для підігріву води в холодну пору року, а також те, що в результаті малої маси конструкції значно полегшується виконання фундаменту. Сухі газгольдери більш економічні за витратою сталі на 1 м³ газу, що зберігається, а також під час зберігання не відбувається зволоження газу.

Сухі газгольдери складні в експлуатації і пожежонебезпечні. На даний час їх витісняють мокрі газгольдери [43].

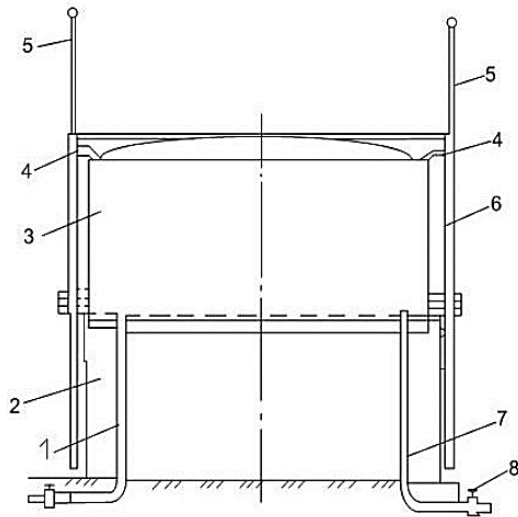
Пожежна безпека під час експлуатації газгольдерів. Газгольдери розташовують, як правило, на відкритих майданчиках, де не повинно бути нерівностей, місць, що погано продуваються, в яких може накопичуватися важчий за повітря горючий газ важчий за повітря.

Відповідно до ДБН Б.2.2-12:2019 «Планування та забудова територій» залежно від виду та об'єму окремих газгольдерів або газгольдерних станцій встановлюються величини протипожежних відстаней від газгольдерів для горючих газів до будинків та споруд.

Газгольдери постійного об'єму (сухі) місткістю до 5 м³ або мокрі – до 20 м³ дозволяється розташовувати в генераторних відділеннях (будівлях). Будівлю, де встановлені газгольдери, обладнують припливно-витяжною вентиляцією з механічним приводом, використовуються вибухобезпечні вентилятори чи ежектори. Для провітрювання будівлі у вікнах встановлюють фрамуги, що відчиняються.

При запуску газгольдера для **запобігання утворенню горючих концентрацій** здійснюють продування системи «газгольдер–газопроводи» негорючими газами (вуглекислим газом, азотом, димовими газами, водяною парою тощо).

Для запобігання виникненню вакууму в мокрих газгольдерах встановлюють над газовідводом спеціальний ковпак. Якщо дзвін (рис. 11.5) перебуває в нижньому положенні, ковпак даху дзвона занурюється у воду на 500 мм, створюючи гідрозатвор. У такий спосіб від'єднують газовий стояк газовідводу від внутрішньої порожнини дзвона. Ковпак з дахом дзвона з'єднується перепускною трубою з вентилями і продувною свічою. При початковому заповненні газгольдера газом, коли ковпак перебуває у воді, відкривають вентиль, і газ перепускною трубою надходить під дзвін. Після виходу ковпака з води вентиль закривають.



1, 7 – газопроводи; 2 – резервуар; 3 – дзвін; 4 – ролики; 5 – блискавкоприймач; 6 – напрямні шини; 8 – засувки

Рисунок 11.5 – Схема одноланкового мокрого газгольдера [43]

Герметичність газгольдерів забезпечують гідрозатворами і газонепроникністю стінок дзвона, телескопів, нерухомого резервуара. Гідрозатвори (рис. 11.6) виключають можливість барботажу газів і переливання води.

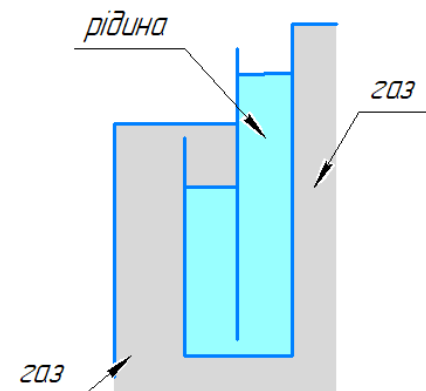


Рисунок 11.6 – Схема гідрозатвору [43]

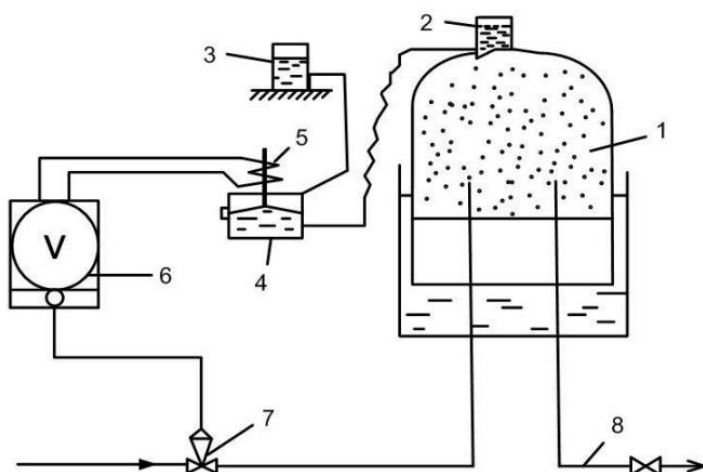
Вони повинні бути постійно заповнені водою. В процесі експлуатації необхідно стежити за кількістю води в гідравлічних затворах дзвона і в басейні, не допускаючи її зниження за встановлену норму, а також перевіряти справність роботи ліній підживлення води. Часто на поверхню води наливають шар мінеральної оливи, що ускладнює випаровування води і постійно змащує стінки дзвона і ланок. Якщо до проведення ремонту втрату води в затворі неможливо поповнити доливанням, то дзвін газгольдера з ланками опускають настільки, щоб затвор, який протікає, занурився в басейн.

Взимку в мокрих газгольдерів, що розташовані на відкритому просторі, передбачається безперервний підігрів води в басейні і гідрозатворах з допомогою водяної пари, яку подають через барботуючі труби в спеціальні ежектори, чи з допомогою гарячої води, яка циркулює по затворах і басейну [43].

При розташуванні газгольдерів в будівлях для **запобігання замерзання води** в басейні і затворах температура в приміщенні підтримується не менше 5 °С. Для цього будівлю обладнують паровим чи водяним опаленням.

Для захисту від корозії внутрішні і зовнішні поверхні газгольдерів фарбують чи лакують. Метал, з якого виготовлений газгольдер, повинен бути стійкий до впливу корозійних домішок, що містяться в газах. Якщо на внутрішніх стінках газгольдера або газопроводу утворилися сірчисті відкладення (сульфіди заліза), то під час очищення стінок їх постійно зволожують, щоб уникнути самозагоряння. Зняті із стінок відкладення складають в металеву тару і вилучають.

Ступінь наповнення газгольдера газом контролюють спеціальними приладами. Як правило для цього використовують механічні і електричні об'єм вказівники і ступінчасту сигналізацію положення дзвона, що допомагає своєчасно вживати заходів при загрозі переповнення газгольдера. Надійний захист від переповнення досягається **автоматичним блокуванням** (рис. 11.7), що забезпечує перекриття ввідного газопровода при підйомі дзвона у верхнє положення і зупинку двигуна компресора при підвищенні тиску газу вище допустимого.



1 – газгольдер; 2 – рухома посудина; 3 – нерухома посудина; 4 – дифманометр; 5 – індукційна котушка; 6 – потенціометр; 7 – засувка на наповнювальній лінії; 8 – витратна лінія

Рисунок 11.7 – Контроль ступеню наповнення газгольда: автоматичне блокування [43]

Газгольдери обладнуються запобіжними клапанами з гідравлічними затворами та системою ручного випуску надлишкового тиску, а також газоскидною трубою для викиду газу (при їх переповненні) в атмосферу чи на факел. Доцільним є дистанційний контроль об'єму газу, а також температури газу і води в резервуарі. На сучасних підприємствах використовують автоматичні системи управління газгольдерами.

Перед ремонтом газгольдер відключають від системи з допомогою герметичних заглушок і продувають негорючими газами. Воду з резервуарів зливають. Вогневі роботи проводять тільки після аналізу повітря на наявність в ньому горючих газів.

Перед пуском газгольдера після ремонту продувають його і всю систему негорючими газами з метою витіснення повітря. Правильний вибір вентиляторів і приводів до них, заземлення газгольдерів і їх комунікацій, використання

іскробезпечного інструменту при ремонтних роботах, зрошення водою стінок резервуарів при їх очищенні від сульфідів заліза, блискавкозахист газгольдерів і суворе дотримання правил пожежної безпеки – все це сприяє запобіганню виникненню джерел запалювання.

При пожежі в будівлі газгольдера, швидкому витіканні газу і води, а також при вибуху газгольдера необхідно припинити надходження газу в газгольдер (зупинити газодувки, закрити шибери, залити гідравлічні затвори водою), інтенсивно охолоджувати стінки і несучі конструкції газгольдера від перегрівання, за необхідності випустити залишок газу і продуту газгольдер інертним газом, а також вжити інших необхідних заходів, виходячи з характеру аварії.

У випадку пожежі на сусідніх установках газгольдер захищають від дії полум'я і променевої теплоти, звільняють його об'єм від газу і вільний простір наповнюють парою чи негорючим газом. Якщо газгольдер встановлено на відкритому просторі, то від вогню захищають і шар оливи на поверхні води в басейнах та затворах.

Необхідний постійний контроль за сигналізаційними пристроями, що показують справність роботи газгольдера (сигналізація про перекіс дзвона, мінімальну кількість газу, відсутність вакууму тощо), і автоматичними пристроями, що припиняють подачу газу в газгольдер після його заповнення або припиняють витрату газу при зниженні дзвона до граничного нижнього положення. А також необхідно здійснювати постійний контроль за станом запірної, регулювальної і запобіжної арматури газгольдера або групи газгольдерів.

В процесі експлуатації газгольдерів необхідно стежити за герметичністю всіх частин газгольдерів (корпусу, дзвона, затворів тощо). Не допускати механічних пошкоджень і перекосів дзвона або його окремих ланок. Для запобігання перекосам регулярно спостерігають за рухом роликів по напрямних, змащують їх поверхню, рівномірно наповнюючи газгольдер, запобігають обледенінню стінок.

При виявленні в будівлі запаху газу слід негайно встановити причину і усунути її. Якщо не вдається швидко ліквідувати витік газу, необхідно припинити доступ його в газгольдер, а газ, що залишився, перекачати в інше сховище і вжити заходів до усунення причини, що спричинила витік газу.

Газгольдерний парк і окремо розташовані газгольдери повинні бути забезпечені первинними засобами пожежогасіння. Щороку газгольдери необхідно випробовувати з зазначенням у паспорті.

Пожежна безпека під час зберігання газу в підземних сховищах.

Підземне зберігання газу – це технологічний процес та закачування, зберігання та відбору газу з підземного сховища для регулювання сезонної нерівномірності газопостачання, створення резервів, які забезпечують надійність газопостачання в умовах зниження рівня надходження газу чи виникнення інших непередбачених обставин [46]

Підземне сховище газу – це складний інженерно-технологічний комплекс, до якого входить структурна пастка, до котрої належить штучний газовий поклад, контрольні горизонти над пластом-колектором, свердловини різного технологічного призначення, дотискувальна компресорна станція (далі – ДКС), газозбірний пункт (ГЗП), установка осушування газу (УОГ), внутрішньопромислові газопроводи та газозбірні колектори, газопровід для підключення ПСГ до магістрального газопроводу чи локальної системи газопостачання, об'єкти енерго- і водозабезпечення, автоматики, зв'язку.

Підземні сховища природного газу в Україні (рис. 11.8) – комплекс підземних газосховищ на території України, що складається з 13 об'єктів, проектна потужність яких за активним газом становить 37,8 млрд м³, з максимальною добовою продуктивністю – 383,0 млн м³. За своїми показниками український комплекс ПСГ посідає третє місце у світі (після США та росії). Питома вага активної місткості українських ПСГ в Європі складає 20 % [47].

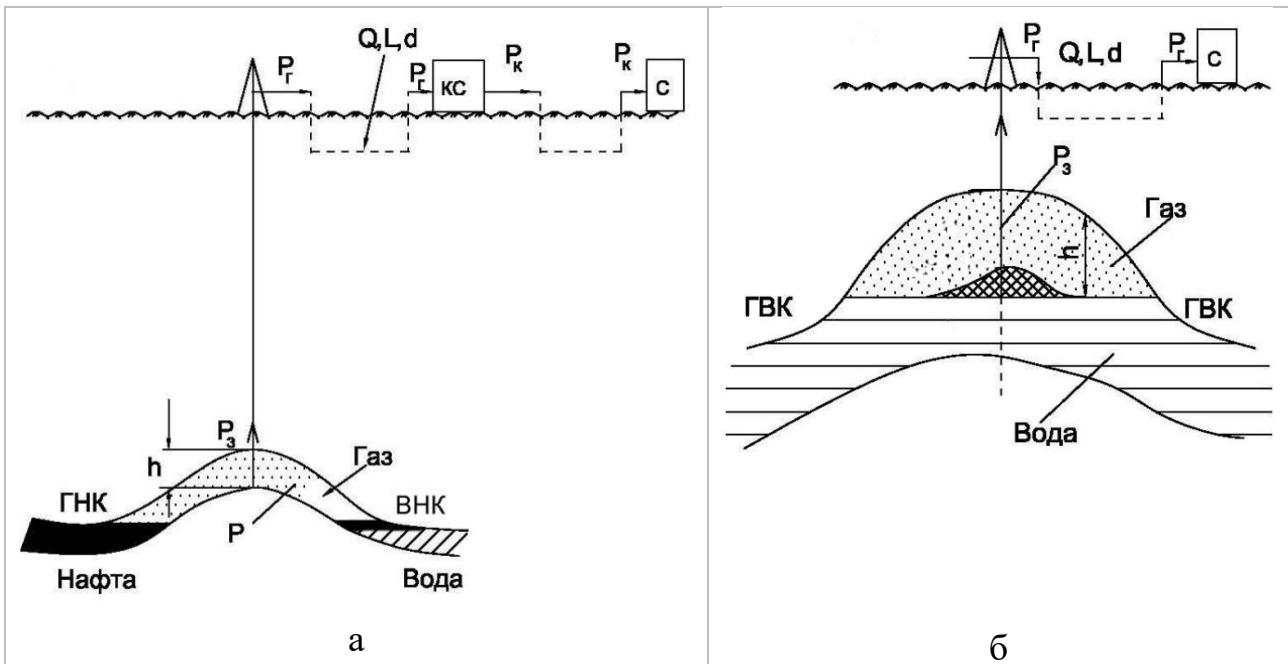
Підземні сховища природного газу є одним із найважливіших технологічних елементів газотранспортної системи України, який забезпечує її надійну та безперебійну роботу. Мережа ПСГ України має підземні газосховища на базі водоносних структур і на базі вироблених газових і газоконденсатних родовищ. ПСГ, як правило, споруджують поблизу траси магістрального газопроводу і споживачів.



Рисунок 11.8 – Підземні сховища природного газу

Перед будівництвом підземного сховища газу проводять дослідні і пробні закачування газу для оцінки параметрів пласта і властивостей рідин та газів, які його насичують, а також для отримання даних про технологічний режим роботи свердловин. На рис. 11.9 наведені схеми підземних сховищ газу у відпрацьованому нафтовому пласті і водонапірній системі.

Для закачування і відбору газу необхідно пробурити певне число свердловин, побудувати споруди для очищення газу від твердих і рідких домішок при закачуванні і осушенні його від води перед подачею споживачеві.



а – у відпрацьованому нафтовому пласті; б – у склепоподібній пастці і водонапірній пластовій системі

ГВК, ГНК, ВНК – відповідно газоводяний, газонафтовий і водонафтовий контакти; P_z – забійний тиск у свердловині; P_g , P , P_k – відповідно тиск на гирлі свердловини, газового пласта і компресора; КС – компресорна станція; С – споживач газу; Q , L , d – відповідно пропускна спроможність, довжина і діаметр газопроводу; h – висота (товщина) пласта або пастки.

Рисунок 11.9 – Схеми підземних сховищ газу

Як правило, нагнітальні свердловини бурять в склепінній частині, наглядові – на крилах складки. Підвищення тиску при закачуванні газу в пласт сприяє скороченню термінів будівництва ПСГ, зменшенню кількості нагнітальних свердловин; крім того процес зберігання призводить до збільшення об'єму газу і дебітів свердловин, збільшення безкомпресорного періоду подачі газу споживачеві з сховища і підвищення коефіцієнта нафтовіддачі при ПСГ у вироблених нафтових пластах, зменшення потужності КС при відборі газу

Проте при надмірному підвищенні тиску можливі різні шкідливі наслідки: розкриття тих, що існують або утворення нових тріщин в покрівлі сховища, підземні втрати газу, вибухи і пожежі в будівлях при скупченні в них газу, утворення кристалогідратів вуглеводневих газів в свердловинах. Важливе значення має також темп зростання тиску в підземному сховищі: що менший темп зростання тиску, то більшою мірою можна підвищити тиск.

Максимально допустимий тиск в підземному сховищі залежить від глибини залягання пласта і розмірів площі газоносності, об'ємної маси порід над площею газоносності, структурних і тектонічних особливостей пласта, його покрівлі, а також пластів над покрівлю: міцності, щільності і пластичності покрівлі пласта.

Створення ПСГ зазвичай відбувається без ускладнень при зміні градієнта тиску до 0,0154 МПа/м, тобто при перевищенні нормального гідростатичного

тиску в 1,54 рази. Верхньою межею тиску в деяких випадках вважається гірський тиск на глибині залягання сховища.

Встановлено, що за наявності глинистої покритишки завтовшки більше 5м максимально допустимий тиск може перевищувати гідростатичний на глибині залягання сховища в 1,3-1,5 рази. При підвищенні тиску в пласті вище за початковий гідростатичний на покрівлі підземного пласта виникає перепад тиску, що іноді може виявитися достатнім, щоб подолати «пороговий тиск», що створюється капілярними силами в порових каналах невеликого радіусу. В цьому випадку почнеться витіснення води газом з порових каналів, і покритишка втратить герметичність.

Заходи для забезпечення пожежної безпеки при експлуатації ПСГ. Все технологічне обладнання повинно бути надійно заземлене. На металічних частинах обладнання, які можуть бути під напругою, повинні бути конструктивно передбачені видимі елементи для з'єднання захисного заземлення. Поряд з цим елементом вказується знак «Заземлення». Комунікації також повинні бути заземлені від статичної електрики.

Протипожежні розриви встановлюють залежно від призначення, категорії за вибухопожежною і пожежною небезпекою, ступеня вогнестійкості будинків відповідно до вимог нормативних документів в галузі будівництва. Під час проєктування будинків визначають їхні частини, які мають бути протипожежними відсіками або протипожежними секціями.

Межа вогнестійкості проходок електричних кабелів та інженерного обладнання будинків (технологічних комунікацій, водопровідних, каналізаційних труб та ін.) через огорожувальні конструкції з нормованою межею вогнестійкості або через протипожежні перешкоди має бути не меншою ніж нормована межа вогнестійкості цієї огорожувальної конструкції або протипожежної перешкоди.

У приміщеннях категорій А і Б не допускається влаштування підвісних стель, підлог з порожнинами (повітряним простором під покриттям підлоги), а також каналів у підлозі, що не вентилюються. Виробничі приміщення обладнуються **системою протипожежної автоматики** відповідно до державних будівельних норм.

До роботи у вибухонебезпечних та пожежонебезпечних зонах допускаються особи, які пройшли **спеціальне навчання та перевірку знань** з питань пожежної безпеки відповідно.

Експлуатаційні свердловини повинні бути **загороджені**. По периметру загородження повинні бути оснащені **знаками безпеки** «Вхід заборонений» та «Палити заборонено».

В закритих приміщеннях, де можливе виділення у повітря газу і пилу, а також у випадку зміни технологічних процесів необхідно здійснювати постійний **контроль хімічного складу повітря**. Дані про стан повітря повинні фіксуватися на робочому місці і передаватися на диспетчерський пункт одночасно з передачею основних технологічних параметрів роботи об'єкту.

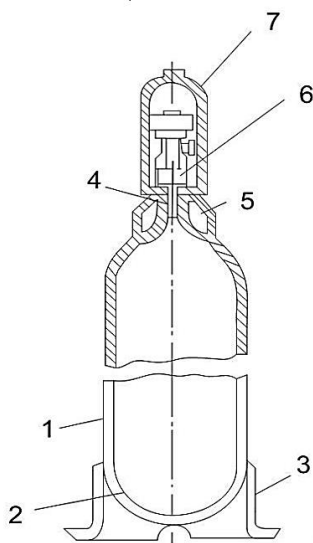
Для вибухопожежонебезпечних технологічних схем і обладнання, трубопроводи яких в процесі експлуатації піддаються вібрації, в проекті необхідно передбачити засоби щодо її зниження, виключення можливості значного (аварійного) переміщення, зсуву, руйнування обладнання і розгерметизації систем.

Під час запуску в роботу чи зупинці обладнання (апаратів, ділянок трубопроводів і т.п.) повинні передбачуватись заходи щодо запобігання утворення в технологічній схемі вибухонебезпечних сумішей (продування інертним газом, контроль за ефективністю продувки і т.п.), а також пробок в результаті гідратуутворення чи замерзання рідини.

Вогневі і газонебезпечні роботи на об'єктах, спорудах і комунікаціях ПСГ повинні виконуватися згідно з вимогами НПАОП 60.3-1.01-10, НПАОП 11.1-1.01-08.

Зберігання горючих газів в балонах. Балони для зберігання горючих газів широко використовуються на промислових підприємствах, транспорті й у побуті. На виробництві і в будівельній сфері при зварювальних і газорізальних роботах застосовують балони з пропаном, ацетиленом, киснем. У лікарнях для надання медичної допомоги використовують кисень. У побуті користуються газовими балонами з пропаном для газових плит [43].

Балон – посудина, яка призначена для перевезення, зберігання і використання стиснених, скраплених або розчинених під тиском газів. Корпус балона (1) (рис. 11.10) виготовляють з безшовних труб, на нижню частину корпусу – днище (2) в гарячому стані насаджується башмак (3), що надає балону стійкість у вертикальному положенні. У верхню сферичну частину горловини вгвинчують вентиль (6), який призначений для наповнення і відбору газу. В неробочому положенні вентиль є запірним пристроєм. На зовнішню частину горловини (4) напресовується різьове кільце (5) для нагвинчення запобіжного ковпака (7). Ковпак захищає вентиль від пошкоджень і забруднення.



1 – корпус; 2 – днище; 3 – башмак; 4 – горловина; 5 – кільце (обойма); 6 – вентиль; 7 – ковпак

Рисунок 11.10 – Схема балона [43]

Асортимент балонів за місткістю, тиском і геометричними параметрами охоплює більше 500 типорозмірів (рис. 7.17). Балони виготовляють із вуглецевої і легованої сталі. Товщина стінок балона до 4 мм.



Рисунок 11.11 – Види балонів для зберігання газу

Найбільш розповсюджені балони ємністю 40 л. Оскільки газ знаходиться під високим тиском, кількість його у стільки разів перевищує об'єм балона, у скільки тиск більший за атмосферний. Наприклад, при тиску 15 МПа в балоні ємністю 40 л міститься 6 м³ газу. При визначенні допустимої кількості балонів, що зберігаються в будівлі складу чи у відсіку, перерахунок здійснюється на 40-літрові балони. Залежно від робочого тиску газові балони поділяють на три групи: низького тиску (до 2 МПа), середнього тиску (від 2 МПа до 6,5 МПа), високого тиску (понад 6,5 МПа). Максимально допустима кількість газу в балоні, виражена в кілограмах на один літр об'єму, називається щільністю наповнення.

В балонах газ може зберігатися у газоподібному, скрапленому чи розчиненому стані. В газоподібному стані газ зберігають під різним тиском. Стиснені газу, які мають дуже низькі критичні температури скраплення (азот, водень, кисень, метан, оксид вуглецю (СО)) зберігають під тиском 15 МПа. Для їх зберігання використовують стандартні транспортні товстостінні балони ємністю 40 л (знаходиться 6 м³ газу). У скрапленому стані зберігають газу з високою критичною температурою скраплення. Скраплений газ зберігається під тиском насиченої пари, якій відповідає температура доквілля [43].

Величина тиску залежить від виду газу: вуглекислий газ зберігають під тиском 12,5 МПа, аміак і хлор – 30 МПа; пропан, пропілен – 1,65 МПа; бутан – 0,8 МПа; бутилен – 0,65 МПа; природний скраплений газ – 1,6 МПа.

Залежно від тиску використовують різні балони: для аміаку, вуглекислого газу та хлору – товстостінні транспортні балони на 40 л, для пропан-бутанових сумішей – тонкостінні балони на 27 або 50 л.

У розчиненому стані зберігають ацетилен. Він знаходиться в балонах під тиском 1,6 МПа. Балони для ацетилену наповнюють пористим наповнювачем і 166 заливають ацетоном. Як пористий наповнювач використовують активоване вугілля або литу пористу масу. В процесі наповнення балона газом відбувається його розчинення в ацетоні у співвідношенні 1:23, тобто в 1 л ацетону

розчиняється 23 л ацетилену. Розчинений в ацетоні ацетилен менш небезпечний, ніж газоподібний – до тиску 1 МПа цей розчин не вибухає, тоді як ацетилен при тиску більше 0,2 МПа розкладається з вибухом від дії механічних ударів чи тепла. Якщо ж розчин ацетилену в ацетоні розподілити в середовищі пористої речовини, наприклад вугілля, то ацетилен до тиску 3 МПа не вибухатиме, хоча в окремій порі вугілля під впливом удару чи високої температури може виникнути вогнище розкладу. Це відбувається тому, що ацетилен розподіляється в порах вугілля, які ізольовані одна від одної. Вугілля поглинає тепло, яке утворюється при розкладанні ацетилену в окремих порах, і у такий спосіб перешкоджає поширенню розкладання у всьому об'ємі ацетилену [43].

Таким чином, пористий наповнювач сприяє рівномірному розподілу розчинника в балоні і захищає ацетиленовий балон від зворотного удару полум'я чи можливого вибухового розкладу ацетилену.

Балони наповнені газами мають велику небезпеку – при певних умовах вони можуть вибухати. Вибух як хімічне явище відбувається у випадку, коли всередині балона утворюється вибухонебезпечна концентрація горючого газу з окисником. Це можливе при заповненні балона, що використовувався для горючих газів, киснем або повітрям чи навпаки, а також у випадку, якщо всередину кисневого балона чи на вентилі потрапляє масло. Однак, частіше спостерігаються вибухи балонів як фізичне явище. Причиною таких вибухів є зростання тиску до величини, коли корпус балона руйнується. Найчастіше це відбувається на пожежі, при нагріванні балонів опалювальними приладами, джерелами відкритого вогню.

Особливо небезпечним є підвищення температури для балонів зі скрапленими вуглеводневими газами. Так при критичних температурах (близько 200°C) увесь скраплений газ переходить у газоподібний стан – тиск газу різко зростає. Ще більш небезпечним є нагрівання ацетиленових балонів. При температурі 100°C розчинність ацетилену в ацетоні наближається до нуля, весь ацетилен десорбує з ацетону, в результаті чого тиск в балоні зростає до 20 МПа. Таким чином, балони зі стисненими газами вибухають при температурах 300...500°C, зі скрапленими – при температурах 200...300°C і при 100°C з розчиненими газами [43].

Для забезпечення пожежної безпеки під час експлуатації та зберігання балонів вони повинні проходити періодичне випробування під тиском у півтора рази більшим за робочий ($P_{\text{випр.}} = 1,5 P_{\text{роб.}}$). Терміни випробування залежать від виду газу і проводяться для агресивних газів (сірководень, хлор) – раз на 2 роки; для інших – раз на 5 років.

Відповідно до НПАОП 0.00-1.81-18 «Правила охорони праці під час експлуатації обладнання, що працюють під тиском», балони повинні мати відповідне забарвлення залежно від виду газу. Щоб відрізнити один від іншого однорідні гази, застосовуються відмітні смуги. Наприклад, всі балони, у яких зберігається фреон, фарбують алюмінієвою фарбою, але залежно від виду фреону на них наносять смуги різного кольору. Знання кольорів забарвлення балонів

необхідне не тільки для розробки пожежно-профілактичних заходів, а і для прийняття правильних рішень при гасінні пожеж.

Таблиця 11.1 – Забарвлення і нанесення написів на балони

Назва газу	Колір балонів	Текст напису	Колір напису	Колір смуги
Азот	Чорний	Азот	Жовтий	Коричневий
Аміак	Жовтий	Аміак	Чорний	-
Ацетилен	Білий	Ацетилен	Червоний	-
Бутилен	Червоний	Бутилен	Жовтий	Чорний
Бутан	Червоний	Бутан	Білий	-
Водень	Темно-зелений	Водень	Червоний	-
Повітря	Чорний	Стиснуте повітря	Білий	-
Кисень	Голубий	Кисень	Чорний	-
Сірководень	Білий	Сірководень	Червоний	Червоний
Хлор	Захисний	-	-	Зелений
Етилен	Фіолетовий	Етилен	Червоний	-

Коефіцієнт заповнення балонів скраплених газів повинен бути не більше як 0,85. Під час зберігання, транспортування балонів з киснем не можна допускати потрапляння в них масла та дотикання арматури з промасленими матеріалами. Вентилі в балонах для кисню повинні вкручуватись із застосуванням ущільнювальних матеріалів, загоряння яких в середовищі кисню виключається.

При транспортуванні балонів з киснем забороняється братись за вентилі.

На склад слід приймати балони з газами, у яких ще не закінчився термін періодичного огляду [43]

Балони з отруйними газами повинні зберігатися в спеціальних закритих приміщеннях.

Балони з іншими газами дозволяється зберігати як в спеціальних приміщеннях, так і на відкритих майданчиках, захищених від дії опадів і сонячних променів.

Не допускається зберігати балони з несправними вентилями, пошкодженим корпусом (з тріщинами, вм'ятинами, сильною корозією). При завантаженні, розвантаженні і зберіганні не можна допускати ударів балонів один об одного, падіння ковпаків і балонів на підлогу.

У складах балонів з газами не дозволяється зберігати інші речовини, матеріали і предмети (ЛЗР, ГР, кислоти, ганчір'я тощо). На відстані 5 м від складу для зберігання балонів з горючими газами забороняється зберігати будь-які горючі матеріали (тверді і рідкі), проводити роботи із застосуванням відкритого вогню.

Склади для зберігання балонів з газами повинні бути одноповерховими, I чи II ступеня вогнестійкості, з легкоскридними покриттями [43].

Вікна і двері складів повинні відкриватись назовні, підлоги повинні бути виконані з неіскроутворюючих матеріалів.

Максимальний загальний вміст складу – 3000 балонів (у перерахунку на 40-літрові).

Склад розділяють протипожежними перегородками на відсіки місткістю не більше 500 балонів з горючими або отруйними газами і не більше 1000 балонів з негорючими та неотруйними.

Для оберігання балонів від прямої дії сонячних променів шиби вікон і дверей складу повинні бути матовими або пофарбованими білою фарбою.

Склади для зберігання балонів з газами повинні мати постійно працюючу примусову вентиляцію, що підтримує безпечні концентрації газів. Використовувати склади з непрацюючою вентиляцією не дозволяється.

Балони оснащують башмаками і зберігають у вертикальному положенні в спеціальних гніздах, клітках чи огорожують бар'єром.

Окремо розташовані балони закріплюють ланцюгами чи хомутами. Балони, що не мають башмаків, зберігають в горизонтальному положенні на дерев'яних рамах чи стелажах.

При укладанні в штабелі їх висота не повинна перевищувати 1,5 м, всі вентиляції закриті запобіжними ковпаками і повернуті в одну сторону.

Наповнені балони зберігають окремо від порожніх.

Балони з горючими газами (воднем, ацетиленом, пропаном, етиленом тощо) зберігають окремо від балонів з киснем, хлором, фтором, стисненим повітрям і іншими окисниками, а також окремо від токсичних газів. Як правило, кисень і горючі гази зберігають в ізольованих один від одного приміщеннях, а хлор – в спеціальних складських приміщеннях.

Сірководень зберігають на відкритому повітрі під навісом.

При виявленні балонів з горючим газами, що мають витікання, їх негайно вилучають з складу. Балони транспортують автомобільним, залізничним, повітряним, водним транспортом, а також електрокарами і візками

Під час перевезення на їх вентиляції встановлюють захисні ковпаки. На автомобілях балони вкладають ковпаками в одну сторону.

Для запобігання ударам при перевезенні балони розташовують на дерев'яних підкладках, оббитих повстю, або одягають на кожен балон два мотузкових чи гумових кільця товщиною 0,025 м [43].

Підлогу складів для горючих газів виконують з негорючих матеріалів, що виключають іскроутворення при падінні балонів. На склади не допускають осіб, у взутті, підбитому металічними цвяхами чи підківками.

Освітлення складів балонів з горючими газами має бути електричним у вибухозахищеному виконанні. Доцільно влаштовувати зовнішнє освітлення через засклені вікна з допомогою ламп з відбивачами.

Опалення складів водяне, парове низького тиску чи повітряне. Необхідно стежити, щоб відстань від балонів до радіаторів системи опалення була не менше 1 м.

Температура в складах балонів горючих газів не перевищує 35 °С в околі 10 м навколо складу балонів не дозволяється зберігати горючі матеріали і проводити вогневі роботи.

В умовах пожежі балони необхідно своєчасно вилучати з небезпечної зони, а якщо це неможливо, то інтенсивно охолоджувати водою, здійснюючи

одночасно гасіння балонів, що горять, і конструкцій. Якщо балони охоплені вогнем, то їх охолоджують водою, яку подають з-за укриття. Підходять до балонів на пожежі збоку, а не з торців.

2 Вимоги пожежної безпеки процесів зберігання легкозаймистих і горючих рідин

Легкозаймисті та горючі рідини зберігають в резервуарах і у тарі (бочках, каністрах, флягах, бідонах, спеціальних контейнерах тощо) [43].

Резервуар (рис. 11.12) – це споруда, що призначена для приймання, зберігання, видачі, обліку (кількісного і якісного) легкозаймистих та горючих рідин, а також для відстоювання води і механічних домішок.

Резервуари виготовляють із сталі методом зварювання – сталеві резервуари, з спеціальних марок бетону з відповідною гідроізоляцією – залізобетонні. Сталеві резервуари найбільш поширені і залежно від форми поділяються на: циліндричні, каплеподібні, кулясті (сферичні), прямокутні. Циліндричні резервуари в свою чергу виготовляють горизонтальними (мають циліндричний горизонтальний корпус та напівсферичні або плоскі з підсилюючими ребрами боковини) та вертикальними (мають вертикальні циліндричні стінки та плоскі днища і покрівлю). Залежно від рівня ґрунту резервуари поділяють на: надземний, напівпідземний (заглиблений), підземний, підводний. (рис.11.3).



Рисунок 11.12 – Резервуари для зберігання нафти (кулястий)

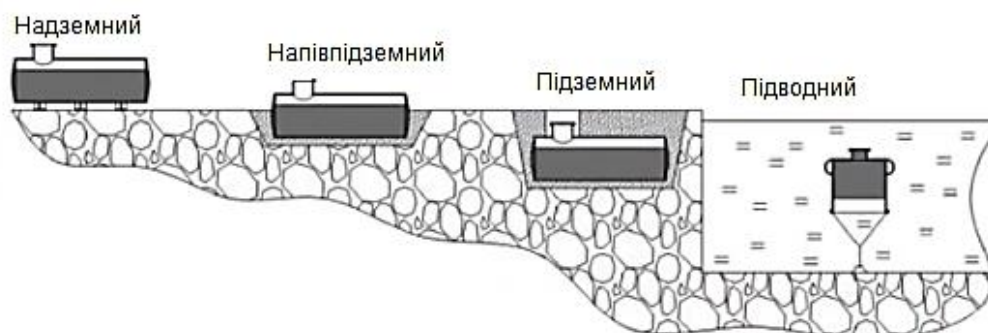


Рисунок 11.13 – Різновиди резервуарів

Наземні резервуари – це резервуари у яких рівень рідини вище прилеглого майданчика.

Підземними вважають такі резервуари (рис.11.13), у яких найвищий рівень рідини в резервуарі або рівень рідини, що розлилась в будівлі або споруді, нижчий не менше ніж на 0,2 м найнижчої планувальної позначки прилеглого майданчика на відстані в межах 3-х м від краю сховища. В обсіпаних ґрунтом резервуарах, як впливає з визначення, ширина обсіпки по верху повинна бути не менше 3-х м.



Рисунок 11.13 – Підземні резервуари для нафтопродуктів [48]

На відміну від наземних сховищ підземні виключають можливість розливання ЛЗР чи ГР через руйнування стінок від вибуху або температурних напружень, випаровування легких фракцій у них нижче у порівнянні з підземними.

При пожежах вони мають значно менший рівень теплового випромінювання, не потребують проведення охолодження і тому організація їх пожежогасіння значно простіша. В той же час будівництво таких сховищ більш складніше і дорожче. З цієї причини вони використовуються дуже рідко.

Залежно від об'єму продукту, що зберігається, резервуари поділяють на чотири класи небезпеки:

- клас I – резервуари об'ємом більше 50 000 м³;
- клас II – резервуари об'ємом від 20 000 м³ до 50 000 м³ включно, а також резервуари об'ємом від 10 000 м³ до 50 000 м³ включно, які розташовуються безпосередньо на берегах рік, великих водойм та в межах міської забудови;
- клас III – резервуари об'ємом від 1 000 м³ та менше 20 000 м³;
- клас IV – резервуари об'ємом менше 1 000 м³.

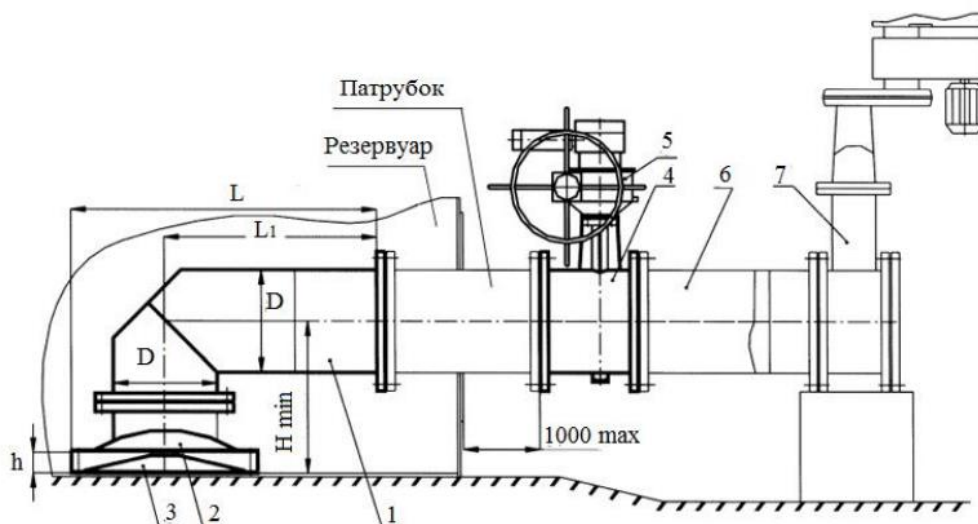
За конструктивними особливостями сталеві вертикальні резервуари виготовляють: з плаваючим покриттям (позначення – РВСПП); з стаціонарним покриттям та понтоном (РВСП), з стаціонарним покриттям без понтона (РВС), з захисною стінкою ((РВС; РВСП; РВСПП) – ЗС). Вибирають тип резервуара залежно від температури спалаху і тиску насичених парів ЛЗР та ГР, зокрема, легкозаймисті рідини з тиском насичених парів від 26,6 кпи до 93,3 кпи

зберігають у резервуарах з плаваючою покрівлею або понтоном та у резервуарах з стаціонарною покрівлею, які обладнані газовою обв'язкою або установкою уловлювання легких фракцій. Легкозаймісті рідини з тиском насичених парів менше 26,6 кпа зберігають у резервуарах зі стаціонарною покрівлею без газової обв'язки.

Наповнення та спорожнення резервуарів здійснюється з допомогою пристроїв приймання-роздачі, що мають місцеве або дистанційне керування. Кількість таких пристроїв визначають залежно від максимальної продуктивності заповнення і спорожнення (рис.11.14).



а



а – зовнішній вигляд; б – конструкція пристрою; 1 – відвід; 2 – парасолька; 3 – розсікач; 4 – заслінка поворотна; 5 – електропривод; 6 – вставка; 7 – засувка
Рисунок 11.14 – Приймально-роздавальний пристрій [49]

Пристрій приймання-роздачі повинен обладнуватись надійним запірним органом (хлопавка, підйомна труба). Пристрій з хлопавкою, яка має бокове керування, обладнується запасним тросом. Швидкість руху потоку рідини не більша за 2,5 м/с, при заповненні порожнього резервуара – не більша за 1 м/с до моменту заповнення кінця патрубку приймання-роздачі [43].

Резервуари для легкозаймістих та горючих рідин оснащуються дихальною і запобіжною арматурою. Вибір дихальної арматури залежить від типу резервуара і рідини, яка в ньому зберігається. Зокрема, на резервуарах типу РВСПП, РВСП розташовують вентиляційний патрубок з вогнеперешкоджувачем;

на резервуарах типу РВС для зберігання нафти і нафтопродуктів з тиском насичених парів до 93,3 кПа і з тиском у газовому просторі 2 кПа – дихальний і запобіжний клапан з вогнеперешкоджувачем; на резервуарах з РВС при атмосферному тиску у газовому просторі для зберігання масел і мазутів – вентиляційний патрубков. Резервуари оснащуються приладами місцевого або дистанційного вимірювання рівня і температури рідини, що зберігається, автоматичною сигналізацією верхнього і нижнього рівнів та пристроями відбору середньої проби.

Для вилучення підпродуктової води резервуари всіх типів оснащуються сифонними кранами. Крани встановлюються на першому поясі стінки резервуара в будь-якому місці по обидва боки від осі люка-лазу на відстані не менше 1 м [43].

В'язкі нафта і нафтопродукти зберігають в резервуарах, які мають теплоізоляційне покриття і обладнані засобами підігріву, що забезпечують збереження якості рідин та пожежну безпеку.

Рухомі елементи конструкцій плаваючих покриттів і понтонів повинні виготовлятися з матеріалів, які виключають іскроутворення через тертя деталей, що переміщуються та від їх можливих співударів.

При ручному відборі проб та замірі рівня слід використовувати тільки заземлені пристрої, виготовлені з матеріалів з питомим опором менше 10^5 Ом.м.

Для обмеження вільного розтікання рідин з легкозаймистими та горючими рідинами при пошкодженнях і аваріях влаштовують обвалування. Його розташовують навколо окремих резервуарів чи групи резервуарів. Обвалування має вигляд суцільного земляного валу чи суцільної стінки з негорючих матеріалів з розрахунковою висотою і нормованою шириною. Висота обвалування навколо резервуарного парку з ЛЗР та ГР повинна бути такою, щоб воно вмещало об'єм рідини, яка зберігається у найбільшому резервуарі і перевищувало рівень розливої рідини на 0,2 м.

Територія резервуарних парків і особливо майданчиків всередині обвалування повинна бути очищена від рідини, сміття, сухої трави і листя. Забороняється складувати на цій території горючі матеріали. Обвалування резервуара або групи резервуарів необхідно підтримувати у справному стані.

Відповідно до Правил з пожежної безпеки [5] на складах ЛЗР та ГР необхідно дотримуватися наступних вимог з пожежної безпеки:

- обвалування (стінки), їх перехідні містки, сходи, огорожі повинні постійно підтримуватися справними. Майданчики всередині обвалувань повинні бути рівними, утримуватися посипаними піском. Випадково розлиті ЛЗР та ГР слід негайно прибрати, а місця розлиття посипати піском або застосувати спеціальні хімічні речовини;

- територію резервуарних парків (нафтобаз), насосних станцій для перекачування ЛЗР та ГР необхідно обгороджувати огорожею з негорючих матеріалів не менше 2 м заввишки;

- наземні резервуари мають бути пофарбовані білою (сріблястою) фарбою для запобігання дії сонячного проміння.

Для забезпечення пожежної безпеки на дихальних трубках резервуарів для зберігання ЛЗР, на трубопроводах газової обв'язки резервуарів і на трубопроводах для зливу ЛЗР із транспорту мають встановлюватися вогнезатримуючі пристрої.

На кожному трубопроводі, що подає в резервуар ЛЗР і ГР (або відводить їх із резервуара), має встановлюватися запірна арматура на відстані не ближче 3 м від резервуара.

Зливання ЛЗР і ГР (крім мазуту) до резервуара повинно проводитися під шар рідини товщиною не менше 50 мм і тільки закритим способом. Розміщувати зливні пристрої безпосередньо на горловинах резервуарів забороняється;

У процесі експлуатації резервуарів необхідно здійснювати постійний контроль за справністю дихальних клапанів та вогнезатримуючих пристроїв. При температурі повітря вище 0° С перевірки повинні проводитися не рідше одного разу на місяць, а нижче 0° С – не рідше двох разів на місяць. Узимку дихальні клапани та сітки повинні очищатися від льоду.

Під час огляду резервуарів, відбирання проб або замірів рівня рідини слід застосовувати пристосування, які виключають іскроутворення в разі ударів;

Люки, що служать для замірювання рівня та відбору проб із резервуарів, повинні мати герметичні кришки, а отвори для вимірів – кільце з металу (з внутрішнього боку), яке унеможливує іскроутворення;

Підігрівати в'язкі та застигаючі нафтопродукти в резервуарах (у встановлених межах) дозволяється за умови рівня рідини над підігрівачами не менше 0,5 м;

Також для резервуарів, де зберігаються сірчисті нафтопродукти, повинен бути розроблений графік планових робіт з очищення від відкладень пірофорного сірчистого заліза.

Необхідно також спостерігати за цілісністю резервуара і у разі появи тріщин у швах, у металі стінок або дна діючий резервуар має бути негайно випорожнений.

Роботи з ремонту резервуарів дозволяється проводити лише після повного звільнення резервуара від рідини, від'єднання від нього трубопроводів, відкриття всіх люків, ретельного очищення (пропарювання та промивання), відбирання з резервуарів проб повітря та аналізу на відсутність вибухонебезпечної концентрації.

Перед ремонтом резервуарів необхідно накрити покривалом (повстю), просоченою антипіренами, усі засувки на сусідніх резервуарах та трубопроводах (влітку повсть змочити водою). Електро- та газозварювальну апаратуру дозволяється розміщати на відстані не ближче 50 м від діючих резервуарів;

Обов'язково на складах резервуарного парку повинен бути запас вогнегасних речовин, а також засобів їх подавання в кількості, необхідній для гасіння пожежі в найбільшому резервуарі;

Необхідність в облаштуванні системи захисту від блискавки на нафтобазах та складах ЛЗР і ГР в першу чергу пояснюється тим, що зазначені споруди відносяться до вибухо- і пожежа - небезпечних об'єктів. Сильний струмовий

розряд, який супроводжує удар блискавки, здатний привести до займання розміщеного в межах об'єкта палива з можливістю подальшого його вибуху. Вогонь з території нафтобази і складів може легко поширитися на сусідні ділянки і викликати значні руйнування. Ось чому захист від блискавки резервуарів для зберігання ЛЗР і ГР, будівель нафтобази від загрози потрапляння в них грозового розряду є першочерговим завданням, що стоїть перед власниками цих споруд.

3 Пожежна безпека процесів зберігання твердих горючих матеріалів

Горючі тверді матеріали – це матеріали, які можуть горіти при контакті з вогнем.

Розглянемо вимоги до пожежної безпеки процесів зберігання твердих горючих матеріалів на прикладі складів твердого палива. **Тверде паливо** – горючі речовини, основною складовою частиною яких є вуглець. До твердого палива належать кам'яне вугілля, кокс, буре вугілля, горючі сланці, торф, біомаса, тверді побутові відходи і деревина.

Основні вимоги з пожежної безпеки при зберіганні твердого палива наведені нижче, а саме [50]:

- на складах твердого палива забороняється здійснювати розвантаження, зберігання і спалювання палива з незнайомими або невивченими характеристиками щодо вибухопожежонебезпеки;

- площадка для зберігання твердого палива повинна бути очищена від рослинного сміття і горючих матеріалів, вирівняна і щільно утрамбована;

- забороняється складування вугілля на землі, яка має органічні речовини і колчедани;

Під закладеними штабелями твердого палива не рекомендується розміщувати водостічні канали, дренажні пристрої, окремі труби і кабелі, а також теплофікаційні, кабельні та інші тунелі. При потребі будівництва тунелів вони повинні бути прохідними і мати перекриття із шаром ущільненого ґрунту над ним завтовшки не менше 1 м.

Також на складі повинна бути передбачена спеціальна площадка для гасіння палива, що самозайнялося, і його остигання після видалення із штабеля.

Усе паливо, яке надходить на склад для тривалого зберігання, повинно складуватися в штабелі після вивантаження його з вагонів у якомога коротший термін. Забороняється зберігання вивантаженого палива в безформних купках і навалом більше двох діб.

Габаритні розміри штабелів вугілля визначаються розмірами відведеної для них площадки, а також можливостями вантажно-розвантажувальних механізмів. Для виконання регламентних робіт зі штабелями, а також проїзду механізмів і пожежних машин відстань від подошви штабелів до загорожі і фундаменту підкранових колій повинна бути не менше 3 м, а до зовнішнього краю головки підкранової рейки або бровки автошляху – не менше 2 м.

Паливом, що зберігається на складі може самозайнятися, тому повинно бути встановлено систематичне спостереження за станом штабелів з метою

своєчасного виявлення самозаймання. Основним методом експлуатаційного контролю за станом штабелів є його зовнішній (візуальний) огляд, який виконується за встановленим графіком черговою зміною або особою, призначеною начальником цеху.

Якщо ж таки відбулося самозаймання, то для уточнення розмірів осередку самозаймання палива і для контролю за температурою осередку в штабелі повинні застосовуватись спеціальні термовизначальники і термошупи. Під час візуальних оглядів штабеля з паливом, що самозайнялося, особливу увагу слід звернути на стан укосів у нижній частині, де накопичуються великі куски, бо в цих місцях відбувається проникнення кисню, яке призводить до самонагрівання і самозаймання.

Зовнішніми ознаками зміни температури в штабелях і появи місць самозаймання є:

- поява за ніч на поверхні штабеля близького до місця самозаймання вологих плям, які зникають зі сходом сонця, а в зимовий час — проталин у сніговому покриві й покриття снігу;
- швидке утворення сухих плям у штабелі після дощу або великої роси;
- поява пари і специфічного запаху продуктів розкладання палива;
- утворення сольових відкладень на поверхні штабеля, які зникають після опадів.

У разі виявлення ознак самозаймання палива потрібно в короткий термін виконати додаткові ущільнення поверхні штабеля на ділянці, яка перевищує розміри вогнища в 2-3 рази. Якщо вказані заходи будуть недостатніми, то осередки палива, що самозайнялося, підлягають вилученню зі штабеля з поступовим гасінням на спеціальній площадці з подальшим подаванням у тракт паливоподачі котельні.

Необхідно пам'ятати, що **забороняється заливати водою осередки палива, що самозайнялося**, безпосередньо в штабелі. Забороняється також вилучати осередки палива, що самозайнялося, зі штабеля при сильному вітрі (більше 5 м/с). Заглиблення, яке залишилося в штабелі, має бути засипане вологим паливом і ущільнене на рівні з поверхнею штабеля. За ліквідованими осередками горіння має вестись постійний контроль з записом в оперативному журналі протягом тижня. За відсутності в цих штабелях нових осередків палива, що самозайнялося, зберігання і витрата палива здійснюються у звичайному порядку.

Забороняється подавати паливо, що самозайнялося [50]:

- при розвантаженні з вагонів безпосередньо в штабель з паливом або в тракт паливоподачі;
- із штабеля в тракт паливоподачі.

Паливо, що самозайнялося у вагонах, повинно бути вилучено з виявлених осередків і подаватись на спеціальні площадки для гасіння розпиленою водою. Охолоджене паливо разом зі свіжим дозволяється подавати на спалювання. А зсуви, вимоїни та інші дефекти, що виникають у штабелі палива, котре самозайнялося, протягом певного часу, а також через довготривалі дощі, мають

вилучатися у короткий термін, а штабелі додатково ущільнюватися, щоб запобігати самозайманню.

При обладнанні на складі палива незалежної мережі протипожежного водопостачання і насосної станції вони повинні експлуатуватись аналогічно системам пожежогасіння підприємства.

Особливі вимоги для складів зберігання вугілля та торфу:

- майданчики складів вугілля, сланців і торфу повинні бути захищені від затоплення поверхневими і ґрунтовими водами, а позначка планування вугільного складу повинна бути вище рівня ґрунтових вод не менше ніж на 0,5 м;

- майданчики для зберігання вугілля та торфу треба очищати від рослинного шару, будівельного сміття та інших горючих матеріалів, вирівнювати й утрамбовувати;

- навколо резервного складу торфу повинна бути передбачена канава глибиною щонайменше 1,5 м і з шириною дна не менше 1 м, розташована за огорожею на відстані 10 м (у разі розміщення резервного складу на заторфованій ділянці, канава повинна прорізати шар торфу до мінерального ґрунту, а між огорожею та канавою повинна передбачатися кільцева автодорога);

- резервні склади торфу повинні з'єднуватися з дорогою загального користування двома в'їздами, розташованими з різних боків складу проти поперечних або поздовжніх проїздів між штабелями;

- паливо, що надходить на склад для тривалого зберігання, має укладатися у штабелі після вивантаження його з вагонів у якомога коротші терміни.

Вугілля різних марок, кожний вид торфу (у шматках або фрезерний) повинні зберігатися в окремих штабелях. Кожний штабель вугілля повинен мати табличку, на якій вказується марка і дата його надходження на склад. Під час укладання вугілля та його зберігання необхідно ретельно стежити за тим, щоб до штабелів не потрапляли деревина, тканини, папір, сіно та інші горючі відходи.

На складі також повинен бути забезпечений систематичний контроль за температурою у штабелях вугілля й торфу шляхом установа в укосах контрольних залізних труб та термометрів. У разі підвищення температури вище 60 °С необхідно здійснювати ущільнення штабеля в місцях підвищення температури, вибирання вугілля чи торфу, що розігрівся, або застосовувати інші безпечні методи для зниження температури. Тому паливо зі штабелів, в яких відзначається підвищення температури, слід використовувати в першу чергу.

При зберіганні особливо активного вугілля можливе його поверхнєве самозаймання, яке за декілька годин може охопити всю поверхню штабеля, якщо не вжити заходів для ліквідації самозаймання. Поверхнєві осередки палива, що самозайнялося, повинні ліквідуватися шляхом перемішування зі свіжим паливом з обов'язковим ущільненням поверхні штабеля. Допускається гасіння вказаних поверхнєвих осередків палива, що самозайнялося, розпиленою водою з одночасним перемішуванням зі свіжим паливом з наступним ущільненням. У дощову погоду можливе гасіння поверхні осередків палива, що самозайнялося, шляхом перемішування палива цього самого штабеля з наступним ущільненням.

Гасіння або охолодження вугілля водою безпосередньо у штабелях не дозволяється. Вугілля, що загорілося, слід гасити водою лише після вибирання із штабеля. А у разі загоряння торфу в шматках у штабелях необхідно осередки залити водою з додаванням змочувача або закидати сирою торфовою масою та здійснити розбирання ураженої частини штабеля. Фрезерний торф, який загорівся, необхідно видаляти, а місце вибирання заповнювати сирим торфом та утрамбовувати. Також на складі повинен бути передбачений спеціальний майданчик для гасіння палива, що самозайнялося, та його охолодження після видалення зі штабеля [50].

За ліквідованими осередками горіння має вестись постійний контроль: на штабелях вугілля – протягом тижня, на штабелях торфу – протягом двох тижнів.

Для виконання регламентних робіт зі штабелями а також проїзду механізмів та пожежних машин відстань від підшви штабелів до огорожі паркану та фундаменту підкранових шляхів повинна бути не менше 3 м, а до зовнішнього краю головки рейки або брівки автошляху – не менше 2 м.

Приміщення для зберігання вугілля та торфу, влаштовані у підвальному чи першому поверсі виробничих будівель, повинні бути відокремлені протипожежними перешкодами. При цьому має бути забезпечене природне провітрювання всього простору над поверхнею складеного вугілля або торфу.

Під час укладання вугільних штабелів у механізованих котельних висота штабелів не повинна перевищувати 4 м, а в немеханізованих – 2,5 м.

Паливоподача твердого палива. При проведенні різних робіт необхідно вилучити або звести до мінімуму утворення інтенсивного джерела пилу, оскільки пил (розмір частинок менше 0,2 мкм) вугілля, який зависає в повітрі, утворює вибухонебезпечну суміш. Концентрація паливного пилу в повітрі виробничих приміщень і галерей конвеєрів не повинна перевищувати допустимих значень, установлених санітарними нормами (до 10 мг/м³).

Для запобігання пиловиділення вузли пересипання палива та інше технологічне обладнання з джерелами пилу повинні мати надійне ущільнення.

Для забезпечення санітарних норм і вимог вибухонебезпеки тракту паливоподачі на вузлах пересипання палива повинні нормально працювати аспіраційні установки або установки подавлення пилу із застосуванням тонко розпиленої води, повітряно-механічної піни або водопарової суміші. При подаванні палива необхідно, щоб працювали всі засоби знепилення, які розміщуються на тракті паливоподачі, а також пристрої — уловлювачі металу й трісок. Пристрої пуску та зупинки установок знепилення або пилопригнітання повинні бути заблоковані з установками пуску й зупинки конвеєрів паливоподачі.

У приміщенні тракту паливоподачі необхідно дотримуватися чистоти, регулярно проводити прибирання з видаленням пилу з усіх місць його нагромадження. Пил повинен прибиратись гідрозмиванням або механізованим способом. У разі потреби в окремих місцях його можна прибирати вручну. Ці роботи дозволяється виконувати тільки після зволоження пилу розпиленою водою. Щоб уникнути завихрення пилу палива, слід також регулярно проводити ремонт засклення і дверних прорізів [50].

Опалювальні системи, що встановлені на тракті паливоподачі, повинні мати гладкі поверхні й бути легкодоступні для очищення. А електрообладнання, яке встановлене на тракті паливоподачі, має бути пилезахисного виконання і відповідати вимогам гідроприбирання пилу. На кабельних трасах, що проходять трактом паливоподачі, необхідно залишати просвіти між кабелями для зменшення нагромадження пилу. Перетинання кабельних проходів на перекриттях та стінах повинні ущільнюватися.

У приміщеннях, галереях конвеєрів і бункерах сирого вугілля застосовуються світильники пилезахисного виконання. Очищення світильників і заміна лампочок проводиться за умови виключеної напруги і тільки електрикомонтером. На трактах паливоподачі допускається застосування люмінесцентних світильників закритого виконання.

При завантаженні конвеєрних стрічок і за їх роботи не повинно бути просипання палива. Просипане паливо слід прибирати протягом робочої зміни. Щоб уникнути злежування палива, що самозаймається в бункерах сирого вугілля, періодично за графіком проводиться їх опорожнення до мінімально допустимого рівня. При переході електростанції на довготривале спалювання газу або мазуту і перед капітальним ремонтом відповідного обладнання необхідно проводити повне опорожнення бункерів сирого вугілля.

Питання до самоконтролю:

1. Які функції виконують газгольдери?
2. В чому полягає відмінність між газгольдерами постійного тиску та постійного об'єму?
3. Охарактеризуйте мокрі і сухі газгольдери низького тиску.
4. Наведіть переваги і недоліки мокрих і сухих газгольдерів.
5. Наведіть заходи з пожежної безпеки під час експлуатації газгольдерів.
6. Чим забезпечується герметичність газгольдерів?
7. Наведіть спеціальні прилади безпеки при заповненні та експлуатації газгольдерів.
8. Назвіть особливості робіт, що необхідно проводити перед пуском і ремонтом газгольдера.
9. Опишіть дії у випадку пожежі в будівлі газгольдера.
10. Опишіть конструкцію споруди для підземного зберігання газу.
11. Наведіть принципи пожежної безпеки при експлуатації ПСГ.
12. Назвіть особливості зберігання горючих газів в балонах.
13. Яка небезпека вибуху балонів наповнених газами? Заходи безпеки.
14. Які вимоги пожежної безпеки процесів зберігання легкозаймистих і горючих рідин.
15. Що розуміють під терміном «горючі тверді матеріали»? Особливості забезпечення їх пожежної безпеки.
16. Наведіть зовнішні ознаки зміни температури в штабелях твердого палива.
17. Опишіть дії при самозайманні твердого палива.

18. Наведіть вимоги до складів твердого палива щодо їх пожежної безпеки.

ТЕМА 12. ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ПРИ ПЕРЕМІЩЕННІ (ТРАНСПОРТУВАННІ) ГОРЮЧИХ РЕЧОВИН І МАТЕРІАЛІВ

Мета вивчення теми

Ознайомитися з вимогами пожежної безпеки до трубопровідного транспорту, розглянути принципи дотримання пожежної безпеки при транспортуванні легкозаймистих і горючих рідин, горючих газів та сипких горючих матеріалів.

План

1. Пожежна безпека трубопровідного транспорту для переміщення горючих та легкозаймистих рідин.
2. Пожежна безпека переміщення горючих газів.
3. Пожежна безпека переміщення сипких горючих матеріалів.

Основні терміни

Транспорт трубопровідний, магістральні трубопроводи, технологічні трубопроводи, самопливні трубопроводи, перетиснення, насоси, насосна станція, компресорна станція, сипкі горючі матеріали, стрічковий конвеєр, елеватор, пневматичний транспорт

1 Пожежна безпека трубопровідного транспорту для переміщення горючих та легкозаймистих рідин

Транспорт трубопровідний – вид транспорту, що забезпечує передачу на відстань трубопроводами рідких, газоподібних середовищ і твердих матеріалів. Залежно від транспортованого продукту розрізняють нафтопровід, газопровід, водопровід, пульпопровід, продуктопровід та ін.

Розрізняють магістральний і промисловий трубопровідний транспорт.

Транспортування може бути **безперервним** (без порушення суцільності потоку середовища, яке транспортують, або носійного середовища) і **періодичним** (здійснюють контейнерним трубопровідним транспортом; залежно від носійного середовища – гідравлічним і пневматичним).

Технічна база сучасного трубопровідного транспорту включає [51]:

- **трубопровід** – це лінійна магістраль із зварених та ізольованих труб з засобами електричного захисту;
- перекачувальні та компресорні станції для транспортування рідин і газоподібних продуктів по трубопроводу, в якості головних (початкових), та проміжних станціях;
- лінійні вузли, устаткування для з'єднання або роз'єднання паралельних або перетинаючих магістралей та перекриття окремих ділянок ліній при ремонті;

- лінії електрозабезпечення, якщо силові агрегати (насоси, компресори) мають електричний привід;

- лінії зв'язку для передачі необхідної інформації, яка забезпечує нормальне функціонування системи.

У **структурі трубопроводів** переважають газопроводи, збільшується мережа нафтопродуктопроводів, набуває поширення трубопровідний транспорт твердих корисних копалин і відходів їх збагачення, концентратів чорних та кольорових металів, етано-, етилено- і аміакопроводів.

За своїм призначенням трубопроводи поділяються на такі групи:

- внутрішні, які з'єднують різні установки на промислах (внутрішньопромислові), нафтогазопереробних заводах і газонафтосховищах режим їх роботи визначається регламентом роботи промислу або заводу;

- місцеві, що в порівнянні з внутрішніми трубопроводами мають велику протяжність і з'єднують нафтогазопромисли (міжпромислові) або нафтогазопереробні заводи з головною станцією магістрального трубопроводу, працюють за регламентом поставок нафтогазопродуктів;

- **магістральні** – характеризуються великою протяжністю, високою пропускною здатністю і з'єднують постачальника нафтогазопродуктів зі споживачем; у зв'язку з великою довжиною перекачування ведеться не однією, а декількома станціями, розташованими вздовж траси; режим роботи трубопроводів – безперервний (короткочасні зупинки носять випадковий характер або пов'язані з ремонтно-відновлювальними роботами);

- **технологічні** – характеризуються малою протяжністю і служать для забезпечення працездатності в заданих режимах технологічних установок перекачувальних станцій магістральних трубопроводів, газонафтосховищ і нафтобаз.

За умовним тиском речовини, що транспортується, поділяють трубопроводи на вакуумні (нижче 0,1 МПа), високого тиску (понад 10 МПа), низького тиску (до 10 МПа) і безнапірні, що працюють без надлишкового тиску. За температурою речовини поділяють на холодні (температура нижче 0°C), нормальні (від 1° до 45°C) та гарячі (від 46°C і вище).

За ступенем агресивності речовини розрізняють трубопроводи для неагресивних, мало- і середньоагресивних середовищ.

За місцем розташування – на внутрішньоцехові та міжцехові.

За призначенням трубопроводи поділяють на:

- викидні лінії – транспортують продукцію свердловин від гирла до ГЗУ;

- нафтогазосбірні колектори – розташовані від ГЗУ до ДНС;

- нафтозбірні колектори – розташовані від ДНС до центрального пункту збору (ЦПЗ);

- газозбірні колектори – транспортують газ від пункту сепарації до компресорної станції.

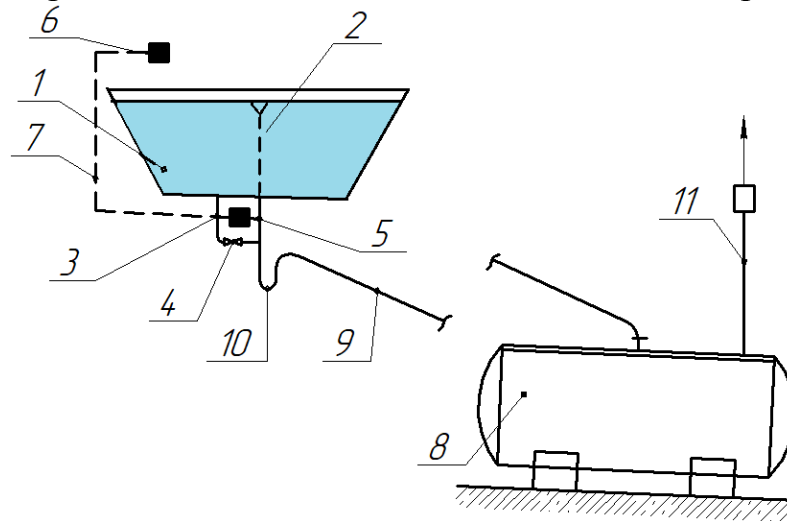
За величиною напору трубопроводи поділяються на:

- високонапірні – вище 2,5 МПа;

- середньонапірні – 1,6 – 2,5 МПа;

- низьконапірні – до 1,6 МПа;
- безнапірні (самопливні).

Самопливні трубопроводи працюють завдяки перепаду рівнів рідини. Найчастіше цей спосіб транспортування застосовують на періодично діючих виробництвах з напірними баками, на зливних лініях (лінії зливно-наливних естакад), для транспортування допоміжних потоків (аварійний злив, промислова каналізація) [43]. На рис. 12.1. наведена схема самопливного аварійного зливу.



1 – ванна; 2 – переливний трубопровід; 3 – аварійний трубопровід; 4 – аварійна засувка з противагою; 5 – противага засувки; 6 – легкоплавкий замок; 7 – трос з легкоплавким замком; 8 – аварійна ємність; 9 – зливна лінія; 10 – гідравлічний затвор; 11 – дихальна лінія з вогнеперешкоджувачем

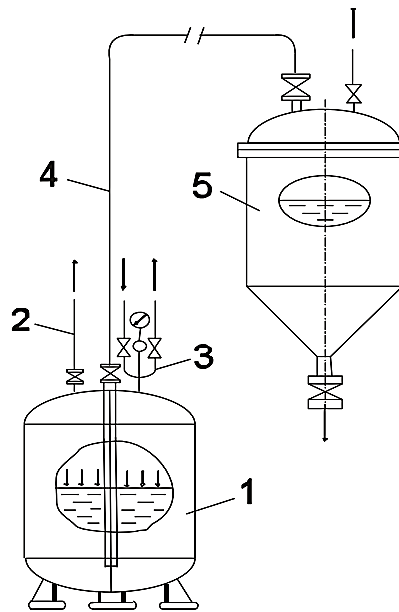
Рисунок 12.1 – Схема аварійного зливу ЛЗР чи ГР самопливом

Пожежна безпека при транспортуванні самопливним зливом забезпечується влаштуванням гідравлічних затворів (вигнуті труби, труби в приямку, спеціальні колодязі). Для запобігання переливання рідини напірні баки обладнують рівнемірами, переливними лініями і пристроями аварійного зливу

Перетиснення рідин повітрям, стисненими газами чи рідинами
Перетиснення – це процес переміщення рідин тиском стисненого повітря, інертного газу (частіше за все азоту) чи рідини. Установки перетиснення використовують для переміщення невеликої кількості рідин на незначні відстані (наприклад, переміщення фарби з фарбонагнітального бачка до пульверизатора). До їх переваг відносяться значне зменшення втрат через відсутність сальників насосів, компактність та економічність.

Недолік такого процесу є те, що апарат працює під тиском.

Типова установка перетиснення (рис. 12.2) складається з таких елементів: тисковий витратний бак (пневмобак) (1), лінія живлення з базового складу (2), лінія стисненого повітря або інертного газу з манометром і запобіжним клапаном (3), приймальна ємність (5).



1 – апарат з рідиною; 2 – лінія наповнення; 3 – трійник для запобіжного клапана, лінії стисненого повітря і манометра; 4 – лінія для переміщення рідини; 5 – приймальна ємність

Рисунок 12.2 – Установа для перетиснення рідин повітрям [43].

Крім того до складу таких установок входять повітряні компресори або газобалонні батареї, а також прилади контролю та автоматичного регулювання. При роботі витратний бак спочатку заповнюється рідиною з базового складу, а потім в ньому створюється тиск. Під дією тиску рідина по сифонній трубці потрапляє у витратну лінію та подається для подальшого використання. Ємність обладнують витратною трубою з забором рідини з її нижньої частини, а в верхню частину посудини вводять стиснутий газ чи легку рідину під тиском. При перетисненні повітрям всередині посудини можливе утворення горючих концентрацій. У випадку подачі у посудину робочого газу чи рідини під підвищеним тиском можливе її пошкодження.

Пожежна безпека при перетисненні. Для транспортування перетисненням легкозаймистих рідин, а також горючих рідин, нагрітих до температури вище 20 °С, необхідно застосовувати інертний газ. Для перетиснення горючих рідин з температурою спалаху вище 45 °С, нагрітих до температури не вище 20 °С, допускається використовувати стиснуте повітря. Рослинні олії і жири допускається перетискати повітрям, якщо вони нагріті до температури не вище 70 °С [43].

В разі подачі в посудину робочого газу чи рідини з підвищеним тиском можливе її пошкодження (до руйнування). Необхідно постійно проводити контроль тиску в системі; а для скидання надлишкового тиску на лінії подачі робочого газу встановлювати запобіжні клапани. На лінії живлення повинен бути зворотній клапан. Якщо ємність витратного бака з ЛЗР більша за 1 м³, а з ГР – більша за 5 м³, то повинна бути система аварійного зливу. Під час експлуатації можливе витікання парів чи рідин через нещільності з'єднань. Тому слід застосовувати герметичні з'єднання, бензиностійкі прокладки, періодично підтягувати болтові з'єднання.

Пожежна безпека насосних станцій. Насосна станція – це складний виробничий комплекс, який складається з цеху перекачування, основного та допоміжного обладнання, розвинутої мережі трубопроводів та інженерних комунікацій, систем контрольно-вимірювальних приладів і автоматики, зв'язку, електрозабезпечення тощо. Загалом, під поняттям «насосна станція» вважають групу насосів з кількістю більше трьох, які віддалені один від одного на відстань до трьох метрів.

Насоси – це гідравлічні машини, що забезпечують всмоктування і нагнітання (подачу) рідини. Підведена від двигуна енергія у насосі перетворюється в енергію потоку рідини.

За видом робочої камери та типом сполучення її з входом і виходом насоса розрізняють об'ємні та динамічні насоси.

Рідка фаза в об'ємних насосах переміщається в результаті періодичних змін об'єму камери, яка поперемінно сполучається з входом та виходом насоса.

У динамічних насосах рідка фаза переміщається під силовою дією на неї в камері, яка постійно сполучається з його входом та виходом.

В об'ємних насосах енергія і тиск підвищуються в результаті витіснення рідини з замкнутого простору тілами, що рухаються зворотно-поступально чи обертально. Відповідно до форми руху робочих органів їх поділяють на зворотно-поступальні (поршневі, плунжерні, діафрагменні) і обертальні чи роторні (шестеренні, гвинтові тощо).

В динамічних насосах енергія і тиск рідини підвищуються під дією відцентрової сили, що виникає при обертанні лопатевих коліс (наприклад, у відцентрових і осьових насосах), чи сил тертя (наприклад, у струминних і вихрових насосах). Тому за видом силової дії на рідину динамічні насоси поділяють на лопатеві і насоси тертя.

Найбільш поширеними динамічними насосами є лопатеві. До цього типу насосів відносять відцентрові і осьові. Принцип їх роботи базується на силевій взаємодії лопатей робочого колеса з обтікаючим потоком рідини, що перекачується. Однак, механізм цієї взаємодії у відцентрових і осьових насосах різний – тому існують суттєві відмінності у їх конструкціях і експлуатаційних показниках.

У поршневих насосах рідина переміщається за допомогою поршня, що здійснює зворотно-поступальні рухи. На даний час поршневі насоси застосовуються для перекачування невеликої кількості рідини, створення високого тиску, перекачування в'язких рідин тощо. Величина створюваного тиску обмежується механічною міцністю деталей насоса.

В ротаційних насосах рідина витісняється з замкнутої камери в нагнітальний патрубок зубами шестерень, які обертаються, кулачками, гвинтами або пластинами, що радіально переміщаються. Насоси цього типу можуть створювати тиск близько 10 МПа і вище при відносно невеликій продуктивності.

З появою швидкохідних парових турбін і, особливо, електродвигунів, широкого застосування набули динамічні насоси. Залежно від сил, що діють на рідку фазу, розрізняють динамічні лопатеві насоси та насоси тертя.

У лопатевих насосах, до яких належать відцентрові та осьові, рідина переміщається від центра робочого колеса до його периферії під дією відцентрових сил, які виникають при силовій дії лопаток робочого колеса на рідину, що перекачується [43].

У вихрових насосах рідина переміщається по периферії робочого колеса в тангенціальному напрямку завдяки силам тертя, що виникають при обертанні робочого колеса. Вони застосовуються для перекачування малов'язких рідин, які не містять абразивних домішок.

Осьові насоси не створюють високого тиску (не більше 0,15 МПа), але продуктивність їх може досягати декількох десятків кубічних метрів за секунду.

Струменеві насоси використовують кінетичну енергію потоку рідини для створення тиску. Вони мають невисокий коефіцієнт корисної дії та застосовуються, як правило, для перекачування невеликих об'ємів рідини.

Найчастіше для транспортування рідин використовують відцентрові насоси. Вони забезпечують рівномірну подачу рідини, мають невеликі розміри при значній продуктивності, досить прості в експлуатації та менш вибухопожежо-небезпечні (при збільшенні опору в лініях працюють „на себе”). Приводи насосів – електродвигуни, двигуни внутрішнього згорання, газові турбіни.

Для забезпечення вимог з пожежної безпеки підготовку насоса до ремонту з використанням вогневих робіт здійснюють у такій послідовності: зупиняють насос, закривають засувки на вхідній і вихідній лінії, надлишковий тиск всередині насоса зменшують до атмосферного, звільняють насос від горючої рідини, від'єднують його від діючих ліній засувками, промивають і пропарюють насос та відкривають його.

Ефективним є централізований ремонт насосного обладнання, при якому несправні насоси замінюють новими, відремонтованими раніше в спеціальних цехах. Під час роботи насоса не допускається витікання рідини через сальник.

Набивання і підтягування сальників, їх кріплення, а також інші види ремонту не проводяться. Для перекачування скраплених газів, легкозаймистих, а також отруйних рідин використовують безсальникові насоси – мембранні, занурні, у яких витікання продукту неможливе. При використанні сальникових насосів використовують насоси з торцьовими ущільнювачами.

Для профілактики витікань з насосів проводять систематичний контроль за герметичністю ущільнень. Виникненню вібрації насосів запобігають їх правильним вибором, ретельним регулюванням та влаштуванням надійного фундаменту [43].

Різко не збільшують і не зменшують число обертів відцентрових насосів та число ходів поршня поршневих насосів задля запобігання гідравлічним ударами в лініях. Щоб запобігти підвищенню тиску, на поршневих, шестеренчастих і гвинтових насосах встановлюють запобіжні клапани і перепускні лінії зі сторони нагнітання на всмоктування. Нагнітальні трубопроводи відцентрових насосів захищають пружинними запобіжними клапанами, передбачають блокування, що не допускає запуск насосів при закритих засувках. Виникненню вібрації насосів

запобігають їх правильним вибором, регулюванням і розташуванням на надійному фундаменті.

В приміщеннях насосних для перекачування скраплених газів і легкозаймистих рідин здійснюють постійний контроль за станом повітряного середовища з допомогою стаціонарних газоаналізаторів, які заблоковані з аварійною системою вентиляції і під'єднані до автоматичних систем управління. Всі приймальні і напірні трубопроводи насосів мають додаткові запірні пристрої на відстані не більше 50 м і не менше 3 м (від стіни з прорізами) чи безпосередньо біля глухої стіни будівлі.

Підшипники насосів своєчасно змащують; систематично контролюють температуру підшипників і сальників, не допускаючи їх перегрівання. Насоси і їх обв'язку заземлюють. Вентилятори повинні бути іскробезпечного виконання.

Приміщення для розташування двигунів відокремлюють від приміщень для насосів протипожежними перешкодами. Вали, що з'єднують двигуни з насосами, в місцях проходження через стіни обладнують сальниковими ущільненнями [43].

Якщо насоси розташовують під етажерками, на яких містяться апарати з ЛЗР і ГР, то перекриття над насосами виконують з матеріалів, непроникних для рідких продуктів, огорожують бортиком висотою 0,14 м і обладнують пристроями для відведення рідини. При цьому передбачають можливість дистанційної зупинки насосів з допомогою пристроїв, що розташовані поза етажеркою в безпечному місці.

Якщо це можливо, то насосні будують відкритими, щоб дати можливість розсіюватись парам у атмосфері. Від приміщень іншого призначення (операторна, венткамера, електроприміщення) насосну відокремлюють глухими, негорючими, газонепроникними стінами, «гарячі» насоси від насосів, що перекачують інші рідини, – глухими непроникними стінами.

У насосних станціях повинні бути засоби ліквідації аварійних витікань рідин і первинні засоби пожежогашіння. Приміщення насосних обладнують стаціонарними установками об'ємного (парою, газом) чи пінного гасіння з ручним чи автоматичним пуском в дію.

Для перекачування скраплених газів і легкозаймистих рідин слід застосовувати безсальникові насоси, а також насоси з торцевими ущільненнями, або з іншими конструкціями ущільнюючих пристроїв підвищеної надійності. Для змиву і випаровування розлитого продукту і масла в приміщенні насосної станції повинні бути крани з шлангами для подачі води і водяної пари.

У насосних для перекачування легкозаймистих або горючих рідин необхідно забезпечити безперебійну і справну роботу системи приточно-втяжної вентиляції.

Запускати насоси в роботу при несправній або вимкненій вентиляції не дозволяється.

При роботі насосів необхідно стежити за змазуванням частин. Не повинно бути розтікання, розбризкування і нагромадження під насосами мастильних матеріалів. Під час роботи насосів не допускається витікання рідини через

сальники. У разі пропуску сальника насос слід зупинити, понизити тиск рідини до атмосферного, підтягнути або замінити набивку сальникового ущільнення. Не допускається підтягувати набивку, а також кріпити сальники і фланці у працюючих насосів [43].

При виявленні несправностей, що порушують нормальний режим роботи насоса, його необхідно зупинити і усунути несправність. Не можна різко збільшувати або зменшувати частоту обертання відцентрових насосів, а також число ходів поршня поршневих насосів щоб уникнути гідравлічних ударів в лініях.

При розташуванні насосів під етажерками повинна бути передбачена можливість дистанційної зупинки їх за допомогою пристроїв, встановлених поза етажеркою в безпечному місці.

Насосні приміщення необхідно постійно тримати в чистоті. Підлогу, лотки, приямки і фундаменти насосів необхідно регулярно очищати від розлитого продукту і мастила. Забороняється застосовувати легкозаймисті рідини для миття підлоги і устаткування. У приміщеннях насосних для перекачування скраплених газів і легкозаймистих рідин необхідно постійно контролювати стан повітряного середовища.

Зберігання легкозаймистих та горючих рідин в насосній не допускається. Змащувальні матеріали (у розмірі добової потреби) дозволяється зберігати в спеціальній металевій тарі з кришками, що щільно закриваються.

Також необхідно постійно стежити за наявністю в насосній станції первинних засобів пожежогасіння і справністю наявних стаціонарних систем пожежогасіння.

2 Пожежна безпека переміщення горючих газів

Газопроводи в залежності від тиску газу, що транспортується ними, поділяються на, ДБН В.2.5-20:2018:

- газопроводи високого тиску I категорії – при робочому тиску газу від 0,6 МПа до 1,2 МПа для природного газу та газоповітряних сумішей і до 1,6 МПа – для СВГ;

- газопроводи високого тиску II категорії – при робочому тиску газу від 0,3 МПа до 0,6 МПа;

- газопроводи середнього тиску – при робочому тиску газу від 0,005 МПа до 0,300 МПа;

- газопроводи низького тиску – при робочому тиску газу до 0,005 МПа.

Гази по системам трубопроводів транспортують в холодному і нагрітому стані під різним тиском та на будь-які відстані. Рух газів може виникати як завдяки вакууму – у вакуум-насосах та і завдяки підвищеному тиску – у компресорних машинах.

Залежно від величини тиску компресорні машини поділяють на вентилятори – стискають газ до тиску $P=0,01$ МПа; газодувки – створюють тиск $P=0,01-0,3$ МПа та компресори – створюють тиск $P > 0,3$ МПа.

За принципом роботи компресори поділяють на [43]:

- поршневі, в яких газ стискається в замкнутому об'ємі при русі поршня;
- ротаційні, в яких стиснення і переміщення газів здійснюють при русі поршня (роль поршня виконують обертові ротори або гвинти);
- відцентрові, в яких гази набувають високої швидкості, яка потім перетворюється в тиск; струменеві, які використовують потік газу з високою швидкістю з насадок спеціальної форми.

Відцентрові компресори ефективно стискають гази до тиску 3,5 МПа; поршневі – створюють будь-який тиск.

Залежно від величини тиску їх поділяють на компресори низького тиску – $P \leq 1$ МПа; середнього – $P \leq 10$ МПа та високого – $P > 10$ МПа.

Високий тиск (до 1200 атм) створюють з допомогою поршневих або плунжерних насосів; для великих витрат газу передбачено турбінні насоси. Процес компримування газу (з лат. *comprimo* – стискаю) супроводжується виділенням тепла та підвищенням його температури. Для зменшення температури використовують багатоступеневе стиснення та міжступеневе охолодження газу в кожухотрубних холодильниках.

Компресори разом з двигунами і мережею комунікацій (підвідні та відвідні трубопроводи, газові колектори для розподілу потоків газу, системи обслуговування) розташовують у компресорних станціях.

Компресори мають складне масляне господарство, до якого входять масляні насоси, система маслопроводів, масловловлювачі (для вилучення з газу масла), конденсатодвідники (для вилучення конденсату води або вуглеводних рідин), витратні масляні баки, маслоохолоджувачі, фільтри тощо. Працюють компресори від електродвигунів, двигунів внутрішнього згорання і газових двигунів (газомоторів).

Компресорні станції розташовують в одноповерхових будівлях. Станції, які перекачують скраплені гази називаються насосно-компресорними

Вимоги з пожежної безпеки до компресорних станцій. Робота компресорного обладнання пов'язана із **високим тиском**, можливістю створення вибухонебезпечних сумішей. Надзвичайно небезпечно **підвищення температури і тиску вище допустимих значень**.

Для організації та підтримання безпечної роботи не дозволяється розташування компресорів в приміщеннях, суміжних з вибухонебезпечними і хімічними виробництвами, які викликають корозію обладнання і шкідливо впливають на організм людини. Проходи в компресорній повинні бути вільними та забезпечувати можливість монтажу і обслуговування. Підлога має бути рівною, неслизькою, мастиlostійкою, а вікна і двері відчинятися назовні. Компресорна повинна бути оснащена ефективною вентиляцією і достатнім освітленням.

Для уникнення утворення горючих концентрацій всередині компресорів необхідно забезпечити повну герметичність на стороні всмоктування вакуумнасосів, систематично контролювати вміст кисню на всмоктувальних

лініях, які працюють під вакуумом, підтримувати підпор повітря на стороні всмоктування дотискних компресорів в межах 0,107 МПа і більше.

Щоб запобігти надходження газу в приміщення компресорних станцій герметизують робочий простір компресора і трубопровідної обв'язки, влаштовують місцеву витяжну, загальнообмінну і аварійну вентиляції та автоматичні системи виявлення горючих газів у повітрі компресорних станцій. Стационарні автоматичні газоаналізатори горючих газів під'єднують до приводів аварійної вентиляції [43].

Компресори захищають пружинними запобіжними клапанами, які встановлюють на кожному ступені чи на вищому ступені стиснення, передбачають блокування, що забезпечує неможливість запуску компресора при закритих чи неповністю відкритих засувках.

Також необхідно забезпечити регулярний спуск масла, що нагромадилось з масловіддільників, контролюють температурою газу і води в холодильниках, не допускаючи її підвищення понад встановлену норму (30-35°C). Після припинення подачі води на охолодження компресор зупиняють.

В системі гідравлічного ущільнення здійснюють контроль за тиском, не допускаючи його падіння нижче за встановлену межу. У випадку відсутності контролю за тиском і температурою масла в системі змащування, при наявності стуку і перегрівання частин, що труться, заборонено експлуатувати компресор. Якщо за умовами технології в циліндри може надходити обводнений газ чи разом з газом – конденсат, то перед компресорами на всмоктувальних лініях встановлюють сепаратори чи осушувачі.

Потужні компресорні установки обладнують системою автоматичної сигналізації і електроблокування, яка забезпечує зупинку компресора при падінні тиску на всмоктувальній лінії нижче 0,107 МПа, припиненні подачі масла в циліндри компресора, а також холодоагенту в холодильники, переповненні масловіддільників, підвищенні тиску чи температури на виході з циліндрів компресора понад гранично допустимі.

Для забезпечення пожежної безпеки необхідно організувати наступні заходи:

- автоматичний контроль температури підшипників;
- використання іскробезпечних електродвигунів для приводу компресорів;
- спрямування скинутих вихлопних газів з газомоторів у бік, який протилежний скинутим від запобіжного клапана горючим газам;
- використання інструменту з матеріалів, що не висікають іскор при ударах;
- своєчасне прибирання з приміщень промаслених ганчірок запобігає виникненню джерел запалювання в компресорних станціях.

Відкриті електродвигуни виконують обдувними, для чого всі частини, що іскрять, чи повністю весь двигун закривають кожухом, у який подають повітря під надлишковим тиском, блокуючи його подачу з пусковою системою електродвигуна, щоб запуск і робота двигуна здійснювались тільки після подачі повітря на обдув [43].

Будівлю компресорної виконують одноповерховою, з негорючих матеріалів з легкоскридними конструкціями у вигляді вікон, що відкриваються назовні, дверей і панелей покриття, забезпечують газонепроникність стін, які відокремлюють компресорне відділення від інших приміщень газокомпресорного цеху, всі трубопроводи, що проходять через ці стіни, герметично замурують.

В компресорних приміщеннях заборонено встановлювати посудини з маслом. Витратні бачки для масла, загальною місткістю не більше тридобового запасу можна розташовувати в приміщенні, яке відокремлене від компресорної установки глухою непроникною стіною з виходом назовні.

Для запобігання поширення пожежі необхідно влаштовувати перешкоди на шляху можливого розливу масла. На великих компресорних станціях «масляне господарство» захищають автоматичними установками пожежогасіння. Повітроводи системи вентиляції обладнують автоматичними клапанами, що самозакриваються, забезпечують примусову вентиляцію кабельних тунелів і контроль газоповітряного середовища у них. Для уникнення втягування повітря компресорами для стиснення газів, всмоктувальні лінії повинні бути під надлишковим тиском. Якщо за умовами роботи компресора всмоктувальна лінія повинна бути під розрідженням, то горючий газ після стиснення безперервно або систематично аналізується на вміст в ньому кисню.

Для запобігання можливості проникнення горючих газів з компресорного відділення в інші приміщення газокомпресорного цеху герметизують місця проходження трубопроводів через стіни.

При перетисненні скраплених горючих газів необхідно використовувати інертний газ або такий ж горючий газ. Також при роботі компресора необхідно контролювати тиск газу в кожному ступені стиснення, не допускаючи його підвищення понад встановлений цеховою інструкцією. Для цього компресори повинні бути обладнані манометрами або автоматичними регуляторами тиску, що вимикають компресор у разі підвищення тиску понад допустиме значення [43].

При стисненні горючих газів необхідно систематично контролювати герметичність ущільнювальних пристроїв, тиск в системі гідравлічного ущільнення і справність системи автоматичної сигналізації та блокування, що забезпечує зупинку компресора при падінні тиску в системі гідравлічного ущільнення нижче гранично допустимого. У разі виявлення витoku газу компресор слід зупинити і усунути дефекти. Усувати витoki газу на працюючому компресорі не допускається.

3 Пожежна безпека переміщення сипких горючих матеріалів

До пристроїв, що транспортують сипкі горючі матеріали відносять транспортери, елеватори, самопливні й пневматичні труби.

Транспортери й елеватори за конструкцією бувають: стрічкові, пластинчасті, скребкові й гвинтові. Найбільш поширеними пристроями для

транспортування сипких матеріалів є стрічкові (горизонтальні, похилі) транспортери, рис.12.3.

Основою **стрічкового конвеєра (транспортера)** є вертикально замкнута гнучка стрічка. Роликівими опорами підтримуються нижня (холодна) і верхня (робоча) гілки стрічки. У деяких випадках виконується пряма листова напрямна, що підтримує стрічку. Поступальний рух конвеєрної стрічки повідомляє приводний барабан, який так само приводиться в рух електродвигуном через редуктор. Натяжний пристрій забезпечує постійне натягування стрічки. Вантаж надходить через завантажувальний пристрій і розвантажується він через лійку барабана (приводного) або вздовж конвеєра з залученням спеціальних розвантажувальних пристроїв [52]. Елеватори – це різновид стрічкових транспортерів (рис. 12.4).



Рисунок 12.3 – Стрічковий транспортер



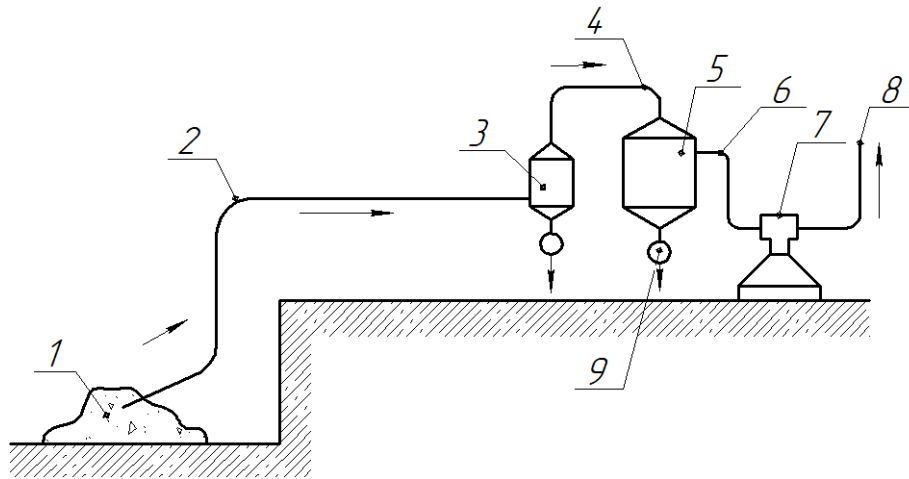
Рисунок 12.4 – Елеватори

Норія стрічкова ковшова – це найкращий і оптимальний пристрій для подачі сировини вертикально в сучасних елеваторах, зважаючи на великі розміри їх ємностей. Елеватор працює за наступним принципом: за рахунок постійного руху стрічкового конвеєра, на якому закріплені спеціальні ковші, здійснюється підйом сировини.

Необхідний сипкий матеріал набирається ковшами в нижній частині конвеєрної стрічки, вертикально піднімається і висипається у верхній частині через патрубок. Потім перекинуті ковші направляються вниз. Згідно з технологічними нормами висота підйому не перевищує 60 метрів.

Найбільш сучасним способом транспортування сипких матеріалів є використання пневматичного транспорту.

Пневматичний транспорт (рис.12.5) – стаціонарне або пересувне устаткування для переміщення по трубопроводах енергією повітря чи газу деяких сипких матеріалів і штучних вантажів.



1 – приймальний пристрій; 2 – всмоктуючий трубопровід; 3 – циклон; 4, 6 – трубопровід; 5 – пиловловлювач; 7 – вентилятор (вакуум-насос), 8 – викид повітря; 9 – шлюзовий затвор

Рисунок 12.5 – Схема влаштування пневматичного транспорту, що працює під розрідженням

Використовується для транспортування подрібненого порошкоподібного вугілля, відходів деревини, зернопродуктів. Установки пневмотранспорту складаються з завантажувального пристрою (приймального пристрою), транспортного трубопроводу, контрольно-вимірювальної апаратури, відокремлювачів матеріалу від повітря з пиловловлювачами, компресорного або іншого устаткування та приладів автоматичного керування. Концентрація матеріалу в суміші з повітрям перебуває в межах 1-35 кг на 1 кг повітря. Швидкість газу має бути вищою за швидкість осадження частинок матеріалу ($w=8-35$ м/с), її встановлюють залежно від концентрації матеріалу в суміші з повітрям [43]. Пневмотранспорт може працювати за принципом всмоктування та нагнітання. Рух робочого газу забезпечується вентилятором, вакуум-насосом чи компресором.

Для забезпечення пожежної безпеки пневмопроводи та самопливні трубопроводи для транспортування горючих сипких матеріалів виготовляють з негорючих матеріалів. Конструкція трубопроводів повинна бути такою, щоб не затримувався пил, зокрема, не повинно бути горизонтальних ділянок, тупиків, розгалуження виконуються плавними.

Пуск навантажених механічних транспортерів і пневмотранспортних пристроїв здійснюється лише після ретельної перевірки їх стану на холостому ході, відсутності в них сторонніх предметів, наявності мастила в підшипниках, а також при справній роботі захисних пристроїв.

В разі виникнення пожежі чи при аварійній ситуації у транспортних системах забезпечують можливість швидкого припинення подачі матеріалу на транспортер – за допомогою спеціальних вимикачів, що знаходяться на кожному поверсі біля сходових кліток. При цьому здійснюється автоблокування електродвигунів технологічного обладнання з електродвигунами транспортних механізмів.

Для зменшення запиленості приміщень при переміщенні порошкоподібних матеріалів механічними транспортерами використовують закриті транспортери з витяжкою запиленого повітря з-під укриттів, контролюють справність і герметичність цих укриттів, ефективність витяжки пилу з-під них. Також для попередження виникнення пожежі будівельні конструкції та обладнання періодично очищають від відкладень пилу.

Герметизація місця пересипання матеріалів з влаштуванням місцевої витяжної вентиляції, зволоження матеріалів, якщо це допускається за умовами технології призводить до зменшення запиленості повітря.

Якщо не можливо уникнути утворення горючого середовища всередині пневмотранспортної системи в нормальних умовах роботи шляхом вибору співвідношення між масою горючого матеріалу і повітря, то в якості робочого агента використовують інертний газ. Для транспортування матеріалів, пил яких самозаймається, використовують також інертний газ [43].

Можливими джерелами запалювання в системах пневмотранспорту є розряди статичної електрики, іскри удару і тертя, самозаймання відкладень пилу. Частилки дисперсних матеріалів контактуючи зі стінками трубопроводів, заряджають їх і самі дістають електричний заряд. Нагромадження зарядів у хмарі пилу може призвести до розряду на стінку чи інший конструктивний елемент пневмотранспортної установки.

Захисту від розрядів статичної електрики досягають заземленням всіх металічних конструкцій систем транспортування, підвищенням відносної вологості, іонізацією атмосфери.

Трубопроводи пневмотранспорту та аспіраційні лінії обладнують автоматичними швидкодіючими заслінками проти поширення пожежі.

Для захисту від руйнування при вибуху трубопроводи і апарати системи пневмотранспорту (бункери, циклони, фільтри) захищають вибуховими мембранами.

Циклони для відокремлення і збору пилу за можливістю розташовують зовні будівлі у таких місцях, де їх руйнування не призведе до руйнування будівель і не створюватиме загрози для життя людей.

В свою чергу, на самопливних трубах розташовують сухі затвори проти поширення вибухів. Також на вході в пневмопровід повинні бути сітки або магнітні чи гравітаційні вловлювачі.

Одним із захистом від виникнення займання через тертя стрічки і барабана є запобігання заклиненню стрічки (уникнення перекосів, перевантажень, завалів), автоблокування електродвигунів послідовно працюючих транспортерів при їх аварійній зупинці у випадку перевантаження чи завалу, застосування пристроїв, що контролюють температуру барабана, охолоджують його і зупиняють при аварійній ситуації.

Під час роботи елеватора не допускають буксування стрічки, її тертя і торкання ковшів об стінки кожуха. Щоб запобігти самозайманню матеріалу, що нагромадився в башмаку елеватора, правильно підбирають розміри кожуха і відстань між днищем кожуха і ковшами, що рухаються. На випадок

самозаймання у небезпечних місцях (нижній башмак елеватора, засувки, горизонтальні ділянки тощо) передбачають підведення води чи пари для його гасіння. Використовують автоматичні системи, які виявляють розжарені частинки на стрічці транспортера і вмикають водяне зрошення небезпечної ділянки.

Технологічні прорізи в протипожежних стінах і перекриттях цехів для проходження транспортерів з горючими матеріалами обладнують автоматичними чи ручними засувками, водяними чи пінними дренчерними пристроями, систематично перевіряють стан цих пристроїв.

Межа вогнестійкості клапанів для захисту технологічних прорізів залежить від межі вогнестійкості протипожежної перешкоди, зокрема, в стінах з межею вогнестійкості 2,5 год – 1,2 год; в перегородках з межею вогнестійкості 0,75 год – 0,6 год; в перегородках з межею вогнестійкості 0,25 год – 0,25 год [43].

Місця перетинання трубопроводами перекриттів ущільнюються негорючими матеріалами на всю їх товщину. У транспортних системах необхідно забезпечити рівномірне завантаження стрічки транспортера і ковшів елеватора.

Як захист від перевантаження використовують теплові електричні автомати, пружинні муфти або обмежувачі насипання.

Для уникнення завалів матеріалу, що транспортується, здійснюють автоблокування для аварійної зупинки транспортерів або пневмотранспорту.

Питання до самоконтролю:

1. Що включає в себе технічна база трубопровідного транспорту?
2. Наведіть принципи класифікації трубопроводів.
3. Опишіть процеси перетиснення рідин повітрям, стисненими газами та рідинами.
4. Назвіть заходи з пожежної безпеки при перетисненні рідин.
5. Опишіть улаштування насосних станцій, принцип дії та їх призначення.
6. Наведіть принцип дії основних видів насосів.
7. Наведіть основні вимоги пожежної безпеки при підготовці насоса до ремонту.
8. Яке призначення газоаналізаторів, що розміщені в приміщеннях насосних станцій?
9. Які будівельні вимоги до насосних станцій для перекачування скраплених газів і легкозаймистих рідин.
10. Опишіть структуру компресорних станцій.
11. Наведіть основні види компресорів.
12. Наведіть вимоги пожежної безпеки до компресорних станцій.
13. Охарактеризуйте пожежну безпеку переміщення сипких горючих матеріалів.
14. Назвіть особливості конструкції і роботи пневмотранспорту.
15. Наведіть вимоги щодо забезпечення пожежної безпеки при роботі пневмотранспорту.

ТЕМА 13. ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ПРИ НАГРІВАННІ ГОРЮЧИХ РЕЧОВИН

Мета вивчення теми

Розглянути способи нагрівання водяною парою, високотемпературними теплоносіями, полум'ям і топковими газами, ознайомитися з вимогами пожежної безпеки при їх реалізації.

План

1. Способи нагрівання водяною парою та їх пожежна безпека.
2. Способи нагрівання високотемпературними теплоносіями та їх пожежна безпека.
3. Пожежна безпека при нагріванні полум'ям і топковими газами.

Основні терміни

Теплоносії, насичена водяна пара, теплообмінні апарати, нагрівання полум'ям, нагрівання топковими газами, радіантні печі, трубчасті печі.

1. Способи нагрівання водяною парою та їх пожежна безпека

Для нагрівання горючих речовин використовують як прямі джерела тепла, так і проміжні теплоносії. У якості прямих джерел теплової енергії на підприємствах використовують топкові (димові) газы, відкрите полум'я, електричний струм, які забезпечують нагрів продуктів до температури 600-700 °С. Непряме нагрівання виконують із використанням наступних теплоносіїв: гаряча вода, водяна пара, нагріте повітря, топкові газы, високотемпературні теплоносії, гарячі продукти виробництва.

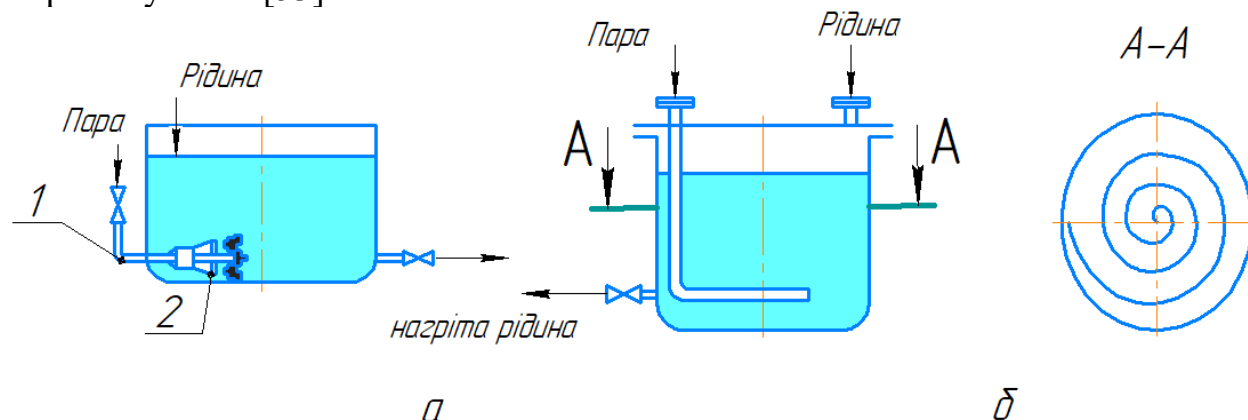
Теплоносії – це речовини, що віддають своє тепло продукту, який нагрівається. Теплоносій віддає надлишкове тепло й сам при цьому охолоджується.

Насичена водяна пара зазвичай застосовуються при тисках до 1,0-1,2 МПа, що відповідає температурам нагрівання до 190 °С. Застосування цього способу нагрівання обумовлено багатьма перевагами насиченої водяної пари як теплоносія. Серед таких переваг необхідно відзначити наступні:

- високий коефіцієнт тепловіддачі;
- велика кількість теплоти, що виділяється при конденсації пари;
- рівномірність обігріву;
- можливість тонкого регулювання температури нагрівання шляхом зміни тиску пари;
- можливість передачі пари на великі відстані.

Основний недолік використання водяної пари, що обмежує практичне застосування такого способу підігріву, – це значне зростання тиску зі збільшенням температури. Внаслідок цього застосування насиченої пари в випадках, коли необхідне отримання високої температури при низькому тиску, є ускладненим.

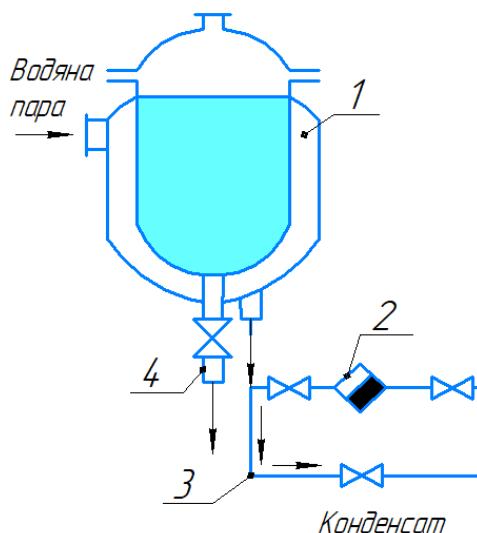
При нагріванні насиченою водяною парою розрізняють «гостру» і «глуху» пару. При нагріванні «гострою» парою (рис. 13.1), пару вводять безпосередньо в продукт, що нагрівається. Цей спосіб нагріву використовують в тих випадках, коли є допустимим змішання середовища, що нагрівається, з конденсатом, який утворюється при конденсації пари. При введенні «гострої» пари через барботер (трубу, закриту з кінця і розташовану у дні апарата, і оснащена значним числом дрібних отворів) відбувається не тільки нагрівання рідини, але і інтенсивне її перемішування [53].



а – безшумний соплової підігрівач; б – паровий барботер; 1 – сопло; 2 – дифузор, що змішує.

Рисунок 13.1 – Пристрої для обігріву рідких середовищ «гострою» водяною парою

Нагрівання «гострою» парою в технологічних процесах використовують зрідка, так як в більшості випадків змішання рідини, що нагрівається, і конденсату пари є неприпустимим. На практиці значно частіше нагрівання, насиченою парою здійснюють через роздільну стінку, так звану «глухою» парою (рис. 13.2).



1 – парова сорочка; 2 – конденсатовідвід; 3 – обвідна лінія; 4 – патрубок для зливу продукту

Рисунок 13.2 – Схема пристрою нагрівання «глухим» водяною парою:

В цьому випадку водяна пара не стикається з середовищем, що нагрівається, а тепловіддача від пари до середовища йде через роздільну стінку. При цьому способі нагрівання пара, стикаючись з більш холодною стінкою, конденсується на ній, і конденсат у вигляді плівки стікає по поверхні стінки. Пару практично завжди вводять в верхню частину апарату, а конденсат, що утворюється, відводять з його нижньої частини через конденсатовідвід.

Для здійснення нагріву «глухою парою» застосовуються теплообмінні апарати або теплообмінники. Теплообмінні апарати поділяються залежно від форми поверхні, виду теплоносіїв, способу передачі теплоти. Відповідно до останнього показника їх можна класифікувати на поверхневі (рекуперативні), змішувальні (контактні) і регенеративні.

Найбільш значну і важливу групу теплообмінних апаратів, які використовуються в процесах нагрівання, є поверхневі теплообмінники. У поверхневих теплообмінниках теплоносії розділені стінкою, причому теплота передається через поверхню цієї стінки. З поверхневих теплообмінників найбільш поширеними є кожухотрубні. На рис 13.3 показаний вертикальний кожухотрубний теплообмінник з нерухомими трубними решітками 2, в яких закріплюються труби 3.

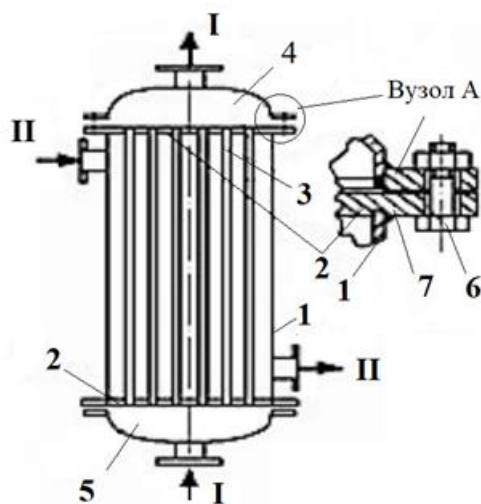


Рисунок 13.3 – Кожухотрубний теплообмінник жорсткої конструкції

До кожуха 1 за допомогою болтів 6 і прокладок 7 кріпляться кришка 4 і днище 5. Теплоносій I протікає по трубах, а теплоносій II – по міжтрубному простору. Теплота від одного теплоносія до іншого передається через поверхню стінок труб. Теплоносій, що нагрівається, подається знизу, а той що охолоджується – зверху вниз протитечією. Такий рух теплоносіїв сприяє більш ефективному перенесенню теплоти, тому що при цьому відбувається збіг напрямку руху кожного теплоносія з напрямком, в якому прагне рухатися даний теплоносій під впливом зміни його густини при нагріванні або охолодженні.

Пожежна безпека при експлуатації теплообмінних апаратів. При нормальному режимі роботи внутрішній об'єм всіх типів теплообмінників повністю заповнений теплоносієм і продуктом, який нагрівається, що виключає утворення горючого середовища всередині таких апаратів. Горюче середовище може утворитися тільки в приміщеннях або на відкритих майданчиках при

пошкодженні теплообмінників, через утворення підвищених тисків, температурних впливів і корозії.

Основними джерелами запалювання є:

- теплові прояви відкритого вогню (вогневі джерела): паління в неналежних місцях, іскри від зварювання металу при проведенні ремонтних робіт;

- теплові прояви механічної енергії (механічні джерела): іскри від інструменту при проведенні ремонтних робіт;

- теплові прояви електричної енергії (електричні джерела): іскри від коротких замикань, перегрівання через перевантаження електричної мережі, іскри від розрядів статичної електрики, іскри від розрядів атмосферної електрики;

- теплові прояви хімічної енергії (хімічні джерела): самозаймання пірофорних сполук при їх контакті з повітрям.

Шляхами розповсюдження пожеж у теплообмінниках є: розлиті легкозаймистих та горючих рідин, виробнича каналізація, пароповітряна суміш.

2 Способи нагрівання високотемпературними теплоносіями та їх пожежна безпека

Процес нагрівання високотемпературними теплоносіями умовно можна поділити на дві стадії: перша – теплоносії спочатку нагріваються димовими газами, друга – передають своє тепло матеріалам, що необхідно нагріти.

Установки нагрівання високотемпературними органічними теплоносіями (ВОТ) нагрівають легкозаймисті та горючі рідини до температури 300-400°C. Високотемпературні теплоносії поділяють на три групи. До першої група належать рідкометалічні теплоносії (літій, натрій, калій, ртуть, галій, свинець, сплави натрію і калію, інші легкоплавкі метали і їх сплави), які ефективно використовують для нагрівання до температур 400-800 °С у рідкому і пароподібному стані. Зі всіх високотемпературних теплоносіїв рідкометалічні мають найбільшу термічну стійкість. Однак, вони агресивно впливають на матеріал конструкцій. Пари рідкометалічних високотемпературних теплоносіїв є високотоксичними, пари лужних металів – дуже вибухопожежонебезпечними [43]. При робочих температурах рідкометалічні високотемпературні теплоносії інтенсивно окиснюються. Тому в пароподібному вигляді їх можна використовувати лише в герметичних установках, а в рідкому стані – в захисній атмосфері інертних газів. Більшість металевих теплоносіїв пожежо- та вибухобезпечні і фактично не впливають на маловуглецеві леговані сталі. Лише літій, натрій, калій, їх сплави потребують використання нержавіючої сталі, оскільки є надзвичайно високохімічноактивними і спалахують з швидкістю вибуху. Ртуть є єдиним металевим теплоносієм, що використовується у пароподібному стані, тиск парів якої дуже низький (приблизно 2 атм. при 400 °С).

Ртутно-парові нагрівальні установки, що працюють в умовах природної циркуляції теплоносія, характеризуються високим коефіцієнтом корисної дії.

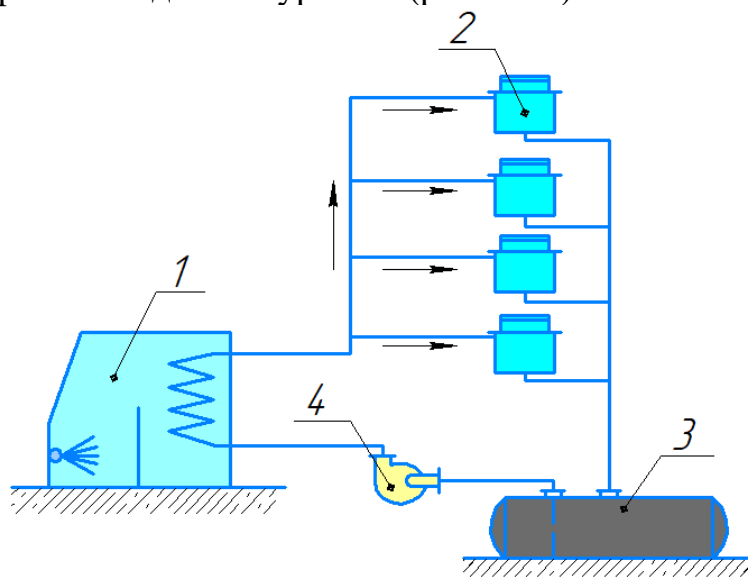
Недоліком ртутного та інших металевих теплоносіїв є необхідність забезпечення абсолютної герметичності нагрівальних установок та потужної приточно-витяжної вентиляції, оскільки вони є надзвичайно отруйними. Крім того, низька змочуваність та висока вартість обмежують використання теплоносіїв цієї групи.

Друга група – розплавлені солі і суміші солей (TiCl_4 , $\text{NaNO}_3 + \text{NaNO}_2 + \text{KNO}_3$, $\text{AlCl}_3 + \text{AlBr}_3$, $\text{NaNO}_2 + \text{KNO}_3$). Нагрівання такими солями використовується у випадках, коли необхідно нагріти продукти до температур, що перевищують граничнодопустимі температури для високотемпературних органічних теплоносіїв. Найбільше практичне застосування має нітрит-нітратна суміш NaNO_3 (40 % мас.)+ NaNO_2 (7 % мас.)+ KNO_3 (53 % мас.). Використання цієї суміші дає можливість нагрівати продукти до температур 500-540°C. До температури 450 °C суміш не зумовлює корозії вуглецевих сталей. У випадку необхідності проведення процесу при вищих температурах для виготовлення апаратури та трубопроводів використовують хромисті і хромонікелеві сталі, крім того їх оснащують паровим обігріванням. Суміші застосовують лише у разі обігрівання з вимушеною циркуляцією, яка забезпечується спеціальними насосам пропелерного типу (вертикальні) або безсальниковими відцентровими насосами. Коефіцієнт тепловіддачі у перегрітої води є вищими, ніж від суміші, однак при вимушеній рециркуляції досягається інтенсивніший теплообмін [43].

З міркувань вибухобезпеки неприпустимим є контакт при високих температурах нітрит-нітратної суміші з речовинами органічного походження, стружкою і пилом чорних металів, алюмінію і магнію, оскільки вона є сильним окиснювачем. Ці сполуки є мало активними за відношенням до металів. Розплавлені солі найменш токсичні. Максимальна температура нагрівання обмежується термічною стійкістю солей і не перевищує 550 °C. Найбільш досконалою з цієї групи є нітрит-нітратна суміш, яка складається з 4 % азотистоокислого калію, 7 % азотноокислого натрію і 53 % азотноокислого калію. Однак у пожежному відношенні вона є небезпечною, оскільки при робочій температурі вона легко окиснюється і нітрує органічні речовини, викликаючи пожежі і вибухи.

Третя група – органічні високотемпературні теплоносії (ВОТ), зокрема, мінеральні масла, гліцерин, дифеніл ($\text{C}_6\text{H}_5\text{-C}_6\text{H}_5$), дифеніловий ефір ($\text{C}_6\text{H}_5\text{-O-C}_6\text{H}_5$), даутерм (дифенільна суміш дифенілу – 26,5 % і дифенілового ефіру – 73,5 %), мобільтерм, спеціальне ароматизоване масло АМТ-300. ВОТ використовують як в рідкому, так і в пароподібному стані в інтервалі температур від – 40 °C до + 100 °C. Вони, як правило, не викликають корозії конструкційних матеріалів на противагу рідкометалічним. ВОТ менш термічно стійкі. Всі ВОТ горючі і вибухонебезпечні, деякі в процесі нагрівання розкладаються, виділяючи газоподібні продукти, які з повітрям утворюють вибухонебезпечні суміші. Це горючі рідини з високою температурою кипіння і спалаху, вони в'язкі, але окремі з них при низьких температурах можуть застигати як парафіни. Не дивлячись на

відзначені недоліки, ВОТ широко розповсюджені в різноманітних галузях промисловості. Частіше за все використовуються мінеральні масла – компресорні, циліндрові. Суттєвий їх недолік – низька термічна стійкість (200-250°C). При розкладанні утворюються тверді частинки, забруднюються теплообмінні поверхні, що створює умови для прогару труб. Утворюються і газоподібні продукти, які зменшують температуру спалаху масла. Через розкладання масла виникає необхідність подачі в систему нових порцій. Масло АМТ-300 містить більше ароматичних сполук, ніж звичайні мінеральні масла, що збільшує його термічну стійкість [43]. Однак АМТ-300 також розкладається, наслідком чого є безперервне зменшення температури спалаху в процесі експлуатації. Великі промислові установки нагрівання з допомогою ВОТ бувають одноконтурними та двоконтурними (рис. 13.4).



1 – трубчаста піч нагрівання ВОТ; 2 – теплообмінники з сорочкою; 3 – збірник відпрацьованого теплоносія; 4 – циркуляційний насос

Рисунок 13.4 – Схема нагрівання рідким ВОТ

Під час роботи ВОТ циркуляційним насосом прокачується через трубчасту піч, нагрівається і подається в теплообмінники, де віддає своє тепло продукту, що нагрівається. Надлишок об'єму ВОТ, що виникає через його теплове розширення, витискується в розширювальний бачок для запобігання збільшенню тиску в системі. Недоліком такої установки є можливість забруднення підкожухового простору теплообмінників відкладенням коксу. Кокс виникає у результаті розщеплення ВОТ в трубчастих печах при місцевих перегрівках, оскільки через турбулентність полум'я печі неможливо забезпечити рівномірне нагрівання. З метою зменшення обладнання, яке необхідно періодично чистити, використовують двоконтурні установки. На таких установках ВОТ першого контуру віддає тепло ВОТ другого контуру, який через теплообмінники нагріває продукт. Таким чином забруднюватись буде тільки один теплообмінник першого контуру. Як правило, до складу установок нагрівання ВОТ входять інші приміщення та споруди, зокрема, котельня, де розташовують трубчасту піч; апаратна – для розташування насосів, розширювальних бачків, запасу ВОТ та теплообмінників першого контуру; майданчики або етажерки – для

розташування теплообмінників другого контуру. Крім великих промислових установок нагрівання ВОТ використовують також і компактні установки. Вони мають електронагрівачі і забезпечують подачу ВОТ в сорочки нагрівання або у змішувачі, що вмонтовані безпосередньо в технологічні апарати. Такі установки розташовують безпосередньо на виробничих ділянках [43].

Протипожежний захист процесів нагрівання в установках ВОТ Систематично контролюють пожежонебезпечні властивості теплоносія. При обігріванні ароматизованим маслом (АМТ-300) необхідно перевіряти його температуру спалаху і температуру самозаймання. Аналіз масла на температуру спалаху (нормально $135\pm 5^{\circ}\text{C}$) слід здійснювати не рідше одного разу на два дні, а на температуру самозаймання (нормально $330\pm 5^{\circ}\text{C}$) – не рідше одного разу на місяць. При пуску установки високотемпературних органічних рідин (ВОТ) необхідно стежити за циркуляцією теплоносія в системі, плавністю її розігрівання (не більше $12\text{-}20^{\circ}\text{C}/\text{год}$), температурним режимом котла і теплообмінних апаратів. За відсутності циркуляції ВОТ в системі зупиняють роботу пальників і електронагрівачів. Котли наповнюють теплоносієм, який попередньо нагрітий для його осушення до температури 200°C . Трубопроводи установок ВОТ захищають теплоізоляцією. Теплообмінну поверхню казанів і нагрівальних електричних труб періодично очищають від коксоподібних продуктів розкладу. Для зменшення небезпеки підвищення тиску і прогару, радіантні труби розташовують так, щоб факели полум'я пальників не торкалися. Доцільним є автоматичне регулювання температури ВОТ шляхом зміни кількості палива, що спалюється, а при електрообігріві – шляхом зміни сили струму. Щоб уникнути перегріву рідини, її розкладання і прогару теплообмінної поверхні рівень теплоносія в казанах з вогневим обігрівом і з електрообігрівом, а також в нагрівальних сорочках апаратів при електрообігріві не повинен бути нижчим за встановлену межу. Необхідно стежити, щоб не відбувалося утворення корків застиглого ВОТ або продуктів його термічного розкладання в лініях скидання пари через запобіжні клапани, а також в лініях аварійного зливу рідкого ВОТ. При тривалій зупинці апаратів, які обігриваються дифенільною сумішшю (даутерм), необхідно вилучити теплоносій зі всієї системи [43].

При використанні даутерму з'єднання труб в системі повинно бути зварним, у випадку використання роз'ємних з'єднань використовують щільні і термостійкі прокладкові матеріали. Насоси повинні бути з торцьовим ущільненням чи з гідравлічним ущільненням сальників. При електрообігріві казанів необхідно контролювати герметичність захисних трубок нагрівальних елементів, стан електроізоляції спіралей. Контактна система електрообігріву казанів, якщо вона має відкрите виконання, повинна знаходитись в герметичному кожуху, всередині якого повинен бути надлишковий тиск повітря або інертного газу. При падінні тиску газу живлення казанів електричним струмом має автоматично припинятися. Установки ВОТ обладнуються системою аварійного зливу теплоносія за межі котельні. Кожен агрегат захищають запобіжним клапаном, перед яким для запобігання пригорянню тарілок встановлюють захисну мембрану. Відвідні лінії від запобіжних клапанів на казанах і апаратах з

місцевим обігрівом ВОТ обладнують пристроями для вловлення викидних парів теплоносія. Для зменшення пожежної небезпеки установок замість горючих і термічно нестійких теплоносіїв використовують менш пожежонебезпечні і більш термічно стійкі. Приготування ВОТ необхідного складу здійснюється поза приміщенням котельних з вогневим обігрівом, у таких приміщеннях і у цехах забороняється зберігати запас нерозплавлених рідких компонентів.

Розширювальні бачки, ємності, обладнання для живлення казанів свіжим ВОТ, циркуляційні насоси розташовують в окремих приміщеннях, які захищають системами пінного чи порошкового гасіння, а у паливний простір і у димар підводять водяну пару. Систематично перевіряють наявність первинних засобів пожежогасіння та слідкують за справністю наявних стаціонарних систем пожежогасіння у приміщеннях установки. При виникненні пожежі в котельні необхідно припинити живлення котлів паливом або електричною енергією.

3 Пожежна безпека при нагріванні полум'ям і топковими газами

Нагрівання паливними (димовими) газами дає можливість отримання високих температур (100-1100 °С) під час спалювання твердого, рідкого та газоподібного палива. Найчастіше їх використовують для нагрівання через стінку інших нагрівальних агентів (проміжних).

Особливістю нагрівання димовими газами є жорсткі умови процесу нагрівання (неприпустимі для багатьох продуктів), значні перепади температур і невеликі коефіцієнти тепловіддачі (35-60 Вт/м² ·град) від газу до стінок апарата. Великі температурні перепади під час такого нагрівання сприяють досягненню високих теплових навантажень. Найістотнішими недоліками такого методу є: нерівномірність нагрівання, можливість забруднення продуктами неповного згоряння палива, перегрівання матеріалу, пожежонебезпека тощо. Внаслідок низької питомої теплоємності паливних газів об'ємні витрати їх великі і транспортування потребує значних капітальних витрат. Тому паливні газу переважно використовують на місці їх отримання.

Нагрівання паливними газами здійснюється в різних печах (трубчастих, реакційних котлах, автоклавах). Економічно доцільно для цього застосовувати відхідні газу різноманітних виробництв, температура яких є достатньо високою і досягає 500...600 °С [43].

Відкрите полум'я і паливні газу використовують в процесах перегонки нафти, крекінгу, піролізу, гідроочищення вуглеводнів, переробки рослинних олій для нагрівання легкозаймистих та горючих рідин до температур 350-500 °С. Нагрівання здійснюють у трубчастих печах – апаратах, призначених для передачі продуктів тепла, яке виділяється при спалюванні рідкого чи газоподібного палива безпосередньо в цьому ж апараті. Теплообмінна поверхня в печах має вигляд безперервного трубчастого змійовика, яким рухається рідина, що нагрівається. За технологічним призначенням трубчасті печі поділяються на нагрівні і реакційно-нагрівальні. Нагрівальні трубчасті печі працюють при

температурах не вище 500 °С і мають відносно м'який режим роботи. Вони лише нагрівають продукт до заданої температури.

У реакційно-нагрівальних трубчастих печах (печі піролізу, термічного крекінгу) сировина не тільки нагрівається до певної температури, але і у них створюють умови для протікання хімічних реакцій. Такі печі працюють у більш жорстких умовах – при температурах 600-700 °С та малій швидкості перекачування продукту, що необхідне для перебігу реакцій. У виробництві застосовуються трубчасті печі різної конструкції.

Залежно від способу передачі тепла потокові сировини трубчасті печі поділяють на три групи: конвекційні, радіантно-конвекційні та радіантні. У конвекційних печах основна частина тепла передається шляхом конвекції. Радіацією передається 20-30 % тепла. Трубні зміювки таких печей розташовані тільки в конвекційній камері. У печах радіантно-конвекційного типу 40-60 % тепла передається радіацією, а решта – конвекцією. Печі цього типу найчастіше застосовують у нафтопереробній промисловості.

У радіантних печах основна частина тепла передається у радіантній камері. Конвекційна камера має допоміжне значення, а в деяких випадках взагалі відсутня. Недолік таких печей – висока температура димових газів на виході з печі, що погіршує економічні показники її роботи.

В трубчастих печах застосовують різні способи спалювання палива: вільний – паливо згоряє вільним факелом; настільний – факел стелиться по поверхні стінки і вона, розжарившись, випромінює тепло на екрани пічних труб; з диференційованим підведенням повітря – повітря вводиться диференційовано по всій висоті факела; безполум'яне спалювання – паливо згоряє в отворах керамічної насадки панельного пальника спеціальної конструкції.

За конструктивними ознаками вогневі печі бувають шатрові (горизонтальні) та вертикальні, коробчасті та циліндричні. Залежно від кількості радіантних камер трубчасті печі бувають одно-, дво- та багатокамерними. Труби радіантної камери можуть бути розташовані горизонтально або вертикально.

Пожежна безпека при роботі трубчастих печей.

Одним із факторів, що призводить до виникнення пожежі при роботі трубчастих печей є наявність великої кількості ЛЗР та ГР у зміювку (іноді до 15 т) та горючого газу або мазуту, які використовують в якості палива (дільниці або приміщення з трубчатими печами відносяться до категорії «Г») [54].

При нормальних умовах роботи в зміювку вибухонебезпечні концентрації (ВНК) речовин не утворюється через відсутність вільного простору. Можливість утворення ВНК в просторі печі виникає при неправильному розпалюванні, відриві полум'я та при аварійних зупинках. Неправильне розпалювання може виникнути з вини операторів (без попередньої продувки печі з витісненням газів або парів, що нагромадились в просторі печі), або ж при порушенні послідовності подачі газу та його підпалювання. Відрив полум'я виникають через наявність повітряних корків в паливних газопроводах або водяних корків в мазутопроводах.

При аварійних зупинках всередину печі можуть проникати паро чи газоповітряні хмари, що утворилися на сусідніх установках через аварії.

Можливість виходу ЛЗР та ГР назовні при аваріях може супроводжуватися пожежами на самій печі.

Джерела запалювання в приміщеннях де встановлені печі є: відкрите полум'я пальників та високонагріті поверхні. Так температура полум'я сягає 1300-1600 °С, нагрітих поверхонь печі – до 700 °С, а температура спалахування органічних рідин знаходиться в межах 250-500 °С, тому при контакті відбувається миттєве їх спалахування.

Пожежі на таких установках можуть розповсюджуватись:

- по розлитих ЛЗР-ГР (такий шлях найбільш небезпечний, оскільки при ушкодженні труб продукт починає фонтанувати під тиском);
- по промканалізації;
- випромінюванням;
- вибухом в просторі печі.

Всі основні протипожежні вимоги до трубчатих печей можна поділити на чотири групи:

- вимоги до розташування;
- вимоги до обладнання;
- вимоги до електрообладнання;
- вимоги до протипожежного режиму.

Трубчаті печі можуть розташовуватись в приміщеннях або на відкритих майданчиках.

При розташуванні в приміщеннях діють наступні вимоги:

- печі повинні бути в ізольованих приміщеннях, відокремлених від інших протипожежними перегородками з межею вогнестійкості 0,75 год.;
- вихід з приміщення повинен бути безпосередньо назовні, але не в сторону зовнішніх ВН установок;
- двері та вікна приміщення печі повинні бути не ближче 10 м від дверей та вікон приміщень категорії «А» та «Б»;
- в приміщенні не повинно бути сторонніх апаратів;
- редуктор палива печі повинен бути назовні.

При розташуванні на майданчиках діють наступні вимоги – печі повинні знаходитись на протипожежній відстані від сусідніх апаратів, установок, будівель та споруд.

Вимоги до обладнання трубчатих печей [54]:

- на печі повинні бути запобіжні вибухові клапани-відкидні або мембранно-відкидні;
- на паливопроводі, не ближче 5 м від печі, повинна бути аварійна засувка;
- повинна бути система парогасіння простору печі;
- повинна бути система аварійного зливу із змійовика, з підключенням до його початку та кінця;
- ретурбенти повинні бути у шафах з кришками, системами парогасіння та зливу через гідрозатвори;

- при відстані до апаратів з ЛЗР-ГР та ГГ менше 100 м навколо печі повинна бути парова завіса;

- піч повинна мати автоматичні регулятори тиску, температури, витрати та систему зупинки при відриві полум'я.

Біля печі може бути два види електрообладнання:

- робоче звичайного виконання з загальним вимикачем;

- аварійне з виконанням по зонах класу В-Іа або В-Іг.

Робочого може не бути, а аварійне повинно бути обов'язково.

Вимоги до протипожежного режиму [54]:

- повинні бути інструкції про заходи пожежної безпеки та по аварійній зупинці печі;

- повинні бути графіки ТО та ППР печей;

- при розпалюванні піч повинна продуватися парою тривалий час - до появи пари з труби і ще 15 хвилин;

- повинен бути постійний контроль справності систем аварійного зливу, парогасіння та парових завіс;

- повинні бути первинні засоби пожежогасіння: вогнегасники не менше 2-х; пісок 0,5 куб.м та лопата – 1 комплект; теплоізоляційне полотно 2 х 2 м – 2 шт.

Питання до самоконтролю:

1. Назвіть переваги і недоліки використання водяної пари як теплоносія.

2. Опишіть принцип нагрівання «глухою» парою, особливості ведення процесу.

3. Наведіть вимоги до пожежної безпеки при експлуатації теплообмінних апаратів.

4. Наведіть властивості високотемпературних рідкометалічних теплоносіїв.

5. Наведіть властивості високотемпературних теплоносіїв у вигляді розплавлених солей.

6. Наведіть властивості органічних високотемпературних теплоносіїв.

7. Опишіть принципи протипожежного захисту процесів нагрівання в установках ВОТ.

8. Наведіть особливості нагрівання димовими газами.

9. Які особливості має нагрівання у трубчастих печах?

10. Наведіть основні групи трубчастих печей, залежно від способу передачі тепла.

12. Наведіть основні вимоги з пожежної безпеки при роботі трубчастих печей.

13. Які основні вимоги до обладнання трубчастих печей щодо їх пожежної безпеки?

ТЕМА 14. ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА РЕКТИФІКАЦІЙНИХ УСТАНОВОК

Мета вивчення теми

Ознайомитися з конструкцією та принципом роботи ректифікаційних установок, розглянути причини виникнення пожежної небезпеки під час їх експлуатації, визначити шляхи попередження виникнення пожежонебезпечних подій.

План

1. Колона ректифікації: принцип роботи і способи використання.
2. Вимоги з пожежної безпеки під час експлуатації ректифікаційних колон.

Основні терміни

Ректифікаційна колона, відпарні колони, стріпінг-секція, флегма, дистиллят

1 Колона ректифікації: конструкція, принцип роботи

Ректифікаційна колона (рис. 14.1) – технологічний апарат, призначений для розділення рідких сумішей, складові яких мають різну температуру кипіння. Класична колона являє собою вертикальний циліндр з контактними пристроями всередині.



Рисунок 14.1 – Ректифікаційна колона

Принцип роботи. Схема ректифікаційної колони (РК) наведена на рис. 14.2. У ректифікаційні колони подаються пари рідин, що переганяються. Вони піднімаються знизу, а в режимі протитечії назустріч парі йде рідина, яка конденсується нагорі в холодильнику. У випадку, якщо речовина розганки складається з двох компонентів, кінцевими продуктами є дистиллят, що виходить з верхньої частини колони і кубовий залишок (менш летючий компонент у рідкому вигляді, що виходить з нижньої частини колони). Ситуація ускладнюється, якщо необхідно розділити суміш, що складається з великої

кількості фракцій. Відгінні частини колон виконані у вигляді окремих апаратів, так званих **відпарних колон** або **стрипінг-секцій**. Відпарні секції пов'язані з основною колоною потоками рідини та пари.

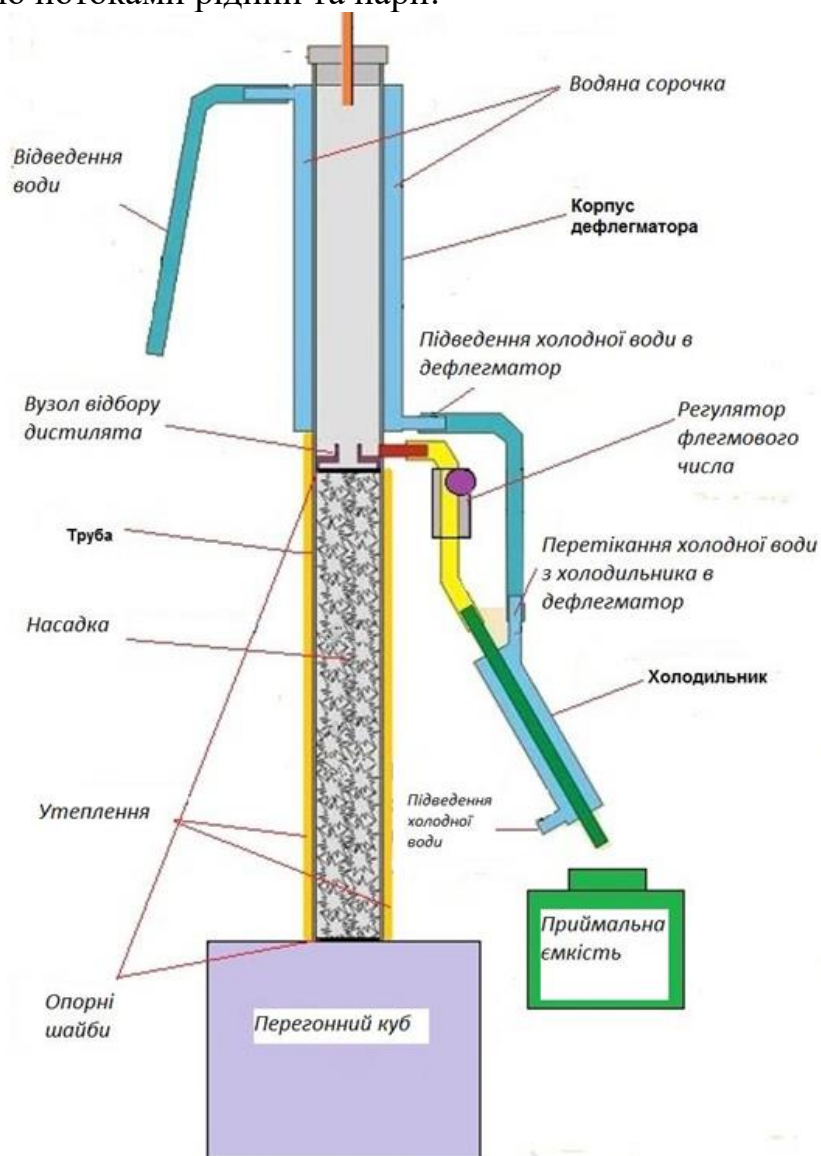


Рисунок 14.2 – Схема ректифікаційної колони

У ректифікаційній колоні є три основні потоки: пара, флегма і дистилат.

Флегма – це зконденсована в дефлегматорі пара, що стікає по колоні вниз.

Дистилат – це зконденсована пара, що виводиться із колони (кінцева мета процесу).

Контактування флегми та пари проходить на спеціальних контактних пристроях. Це можуть бути тарілки або спеціальна насадка.

Конструктивне виконання корпусів колон залежить від їхнього призначення і режиму роботи. У залежності від тиску в процесі експлуатації колони підрозділяються на:

- атмосферні (тиск в атмосферних колонах незначний – 0,05 МПа, є результатом опору руху парів і рідини усередині колони й у комунікаціях після колони);

- вакуумні ($P = 4-10$ кПа, вакуум у колонах створюється за допомогою насосів або пароструминних ежекторів);

- працюючі під тиском ($P =$ до 4 МПа, застосовують для поділу вуглеводневих газів (зріджених), тому що вони мають низьку температуру кипіння при атмосферному тиску, а підвищення тиску приводить до підвищення температури в колоні й отже для охолодження використовувати доступні і дешеві холодоагенти (вода, повітря), а не спеціальні дорогі холодоагенти – аміак, пропан, фреони).

Ректифікаційні колони, що працюють під тиском обладнують запобіжними клапанами. Так, для поділу зріджених газів установлюють два запобіжні клапани – робочий і контрольний. Запобіжні клапани для колон вибирають по розрахунковому тиску, а встановлюють (регулюють) відповідно до робочого тиску. Скидання клапана повинне бути загерметизовано; ємність для скидання не повинна знаходитися під надлишковим тиском.

Додатково РК обладнаються штуцерами, патрубками, люками-лазами й іншими пристосуваннями, необхідними для експлуатації і ремонту колон.

Ректифікаційні установки за принципом дії поділяються на періодичні та безперервні. В установках безперервної дії колективна сира суміш надходить в колону і продукти поділу виводяться з неї безперервно. В установках періодичної дії суміш, яку поділяють, завантажують в куб і ректифікацію проводять до одержання продуктів заданого кінцевого складу.

2 Вимоги з пожежної безпека під час експлуатації ректифікаційних колон

Пожежна небезпека ректифікаційних колон характеризується наявністю наступних чинників:

- пожежонебезпечними властивостями речовин, що обертаються (ЛЗР, ГГ), їх кількістю (парів 60 т/год. , флегми 20-40 т/год.);
- режимом роботи установки (температурой, тиском);
- складністю апаратурного оформлення (висота колон становить 10-100 м, діаметр 0,5-6 м);
- можливістю пошкодження апаратів, утворення горючої суміші;
- наявністю джерел запалювання;
- наявністю шляхів поширення пожежі.

Пожежонебезпечні речовини знаходяться не тільки в колоні, але й в інших апаратах ректифікаційної установки: теплообмінниках, збірниках, проміжних ємностях, ємностях зрошення й ін. Це необхідно враховувати при оцінці пожежовибухонебезпеки конкретної ректифікаційної установки.

При нормальному режимі роботи ректифікаційної установки горюче середовище усередині апаратів не утворюється, тому що повітря в колоні немає (температура у всіх місцях по висоті колони дорівнює температурі кипіння флегми, тому робочий тиск створюють тільки пари киплячої рідини; з розчином, що надходить на ректифікацію, повітря також потрапити не може в колону, тому що весь перетин труби заповнений рідиною) і температура кипіння рідини завжди вище температури верхньої межі запалення. У холодильниках,

дефлегматорах, сепараторах, насосах горюче середовище не утвориться з тих же причин.

Горюче середовище може утворитися в апаратах з перемінним рівнем рідини (мірники, проміжні ємності, збірники), якщо вони поєднані з атмосферою через дихальні клапани (труби).

Горюче середовище в ректифікаційних колонах може утворитися в періоди зупинки їх на ремонт, пуску в експлуатацію, а також при проведенні ремонтних робіт. Неповне звільнення колон і інших апаратів від продукту, неповне відключення від усіх зв'язаних з ними апаратів і недостатня продувка водяною парою або інертним газом при відкриванні люків приводять до утворення горючого середовища усередині апаратів.

По співвідношенню величини **робочої температури** (t_p) і **температури самозапалювання** (t_{CB}) речовини, що виходить назовні, колони можна розділити умовно на дві групи:

- перша група – колони, у яких $t_p < t_{CB}$ (колони для виділення спиртів, ефірів, бензину, ароматичних вуглеводнів і ін). При виході назовні речовин можуть утворюватися пожежовибухонебезпечні концентрації, для запалення яких необхідне зовнішнє джерело запалювання. При виділенні зі слабких водяних розчинів ЛЗР або ГР пожежна небезпека буде зв'язана лише з верхньою частиною колони, де знаходяться легкокиплячі рідини (ЛЗР, ГР), а нижня частина – негорючий водяний розчин;

- друга група – колони, у яких робоча температура вище температури самозапалювання речовин, тобто $t_p > t_{CB}$ (разгонка мазутів, крекінгу нафти і газу, кам'яновугільних смол і т.п). У цих колон небезпечний низ, тому що з нижньої частини таких колон виходить продукт, що займається при зіткненні з повітрям.

Підвищення тиску в ректифікаційних колонах може бути з наступних причин:

- порушенні матеріального балансу;
- підвищенні температурного режиму;
- порушенні процесу конденсації парів.

Порушення матеріального балансу відбувається в результаті збільшеної подачі вихідної суміші в колону, порушення відбору з колон парової фази і залишку через утворення твердих відкладень, пробок у виді коксу, смол, полімерів, льоду або кристалогідратів у трубах для відводу пари і висококиплячого залишку, а також у патрубках і отворах тарілок колони.

Попередження порушення матеріального балансу [55]:

- застосування напірних баків і автоматичних регуляторів тиску на лінії подачі вихідної суміші;
- контроль за висотою рідини в нижній частині колони (регулятори рівня);
- контроль за чистотою патрубків і отворів тарілок колон, трубопроводів (запобігання утворення коксу, смол, льоду, полімерних відкладень);
- зупинка колон та інших апаратів перед очищенням;
- контроль температурного режиму (регулювання подачі теплоносія);
- автоматична зупинка колони припиненні подачі холодоагенту.

Запобігання підвищення тиску при попаданні до колони рідин з низькою температурою кипіння:

- контроль операції переключення ліній;
- повне видалення води і конденсату після промивання, продувки і гідравлічного випробування колони;
- контроль за наявністю конденсату;
- влаштування запобіжних клапанів (ЗК);
- влаштування відвідної, дренажної лінії, сепараторів.

Підвищення температури в колоні (порушення теплового балансу) відбувається при подачі вихідної суміші з підвищеною температурою, збільшенні подачі теплоносія в кип'ятильники або подачі його з підвищеною температурою, зменшенні кількості флегми, подаваної на зрошення.

Захист ректифікаційних колон від проявів високих температурних напружень:

- контроль за справністю теплоізоляції;
- захист трубопроводів на прямих ділянках температурними компенсаторами;
- захист теплоізоляцією опорних металевих конструкцій (опор, етажерок і ін.).

При порушенні процесу конденсації пари-ректифікату, що надходить з колони в дефлегматор і конденсатор-холодильник у всій ректифікаційній колоні (установці) підвищуються температура і тиск. Причина – зменшення і повне припинення подачі холодоагента, надходження його з більш високою початковою температурою або сильне забруднення теплообмінної поверхні малотеплопроводними відкладеннями. Частина пари, що несконденсувалося, може виходити назовні через дихальну лінію на ємності ректифікату, створюючи місцеву горючу суміш з повітрям.

У випадку попадання у високонагріті колони рідин з низькими $T_{\text{кип}}$ через помилкові переключення, подачу в колонну обводненої пари відбувається перегрів і миттєве скипання рідин зі швидким (вибуховим) ростом тиску. Вода, що залишилася, у колоні після гідравлічного іспиту, з наступною подачею в неї нагрітого до високої температури проекту викликає таку ж небезпеку.

Попередження порушення процесу конденсації парів:

- контроль за температурним режимом у колоні (автоматичний контроль за температурою вихідної суміші і кубового залишку);
- автоматичне регулювання подачі флегми в колону;
- контроль за температурним режимом роботи дефлегматорів і конденсаторів;
- автоматичне регулювання подачі холодоагентів;
- автоматична зупинка РК припиненні подачі холодоагенту;
- контроль за чистотою теплообмінних поверхонь дефлегматорів і конденсаторів.

Характерними джерелами запалювання при експлуатації ректифікаційних є такі як: відкритий вогонь, розжарені продукти горіння і нагріті

ними поверхні теплові прояви механічної енергії теплові прояви електричної енергії; теплові прояви хімічних реакцій.

Можливі шляхи поширення пожежі:

- по поверхні що розлилися (частіше нагрітих) ЛЗР і ГР;
- по парогазоповітряній хмарі, дихальним лініям;
- по трубопроводах промислової каналізації, трубопроводам, звільненим від продукту;
- по поверхні теплоізоляції;
- по поверхах, по площадках етажерок і по території установки.
- іскри, що утворюються при користуванні інструментом, що іскриться, у ході чищення і ремонту, іскри від електроустаткування, розрядів статичної електрики і т.д.

Профілактика поширення пожежі на ректифікаційних установках [55]:

- розміщення ректифікаційних установок у приміщеннях або на відкритих майданчиках;
- ректифікаційні установки влаштовують блоками з урахуванням розривів, згідно вимог нормативних документів;
- ректифікаційні колони на відкритих майданчиках повинні мати етажерки обслуговування верхніх частин колони (каркас із майданчиками і сходовими маршами);
- етажерки повинні мати суцільний настил з бортиками висотою не менш 0,14 м;
- кожний блок апаратів ректифікаційних колон на відкритих майданчиках повинен мати по периметру обвалування;
- отвори в сусідні приміщення і при виході назовні повинні мати пороги з пандусами;
- усередині приміщень ректифікаційних установок захищають внутрішнім пожежним водопроводом, повітряно-пінними і порошковими автоматичними установками локальної дії;
- на відкритих РУ для гасіння пожежі та аварійного охолодження апаратів використовують стаціонарні установки водяного і пінного гасіння;
- колони великої висоти (80-100 м) захищають локальними стаціонарними системами водяного або повітряно-пінного охолодження і гасіння;
- влаштовують аварійний злив рідин з апаратів ректифікаційних установок в дренажні або спеціальні аварійні ємності;
- комунікації захищають вогнеперешкоджувачами.

Питання до самоконтролю:

1. Наведіть схему і принцип роботи ректифікаційної колони.
2. Які вимоги з пожежної безпеки під час експлуатації ректифікаційних колон?
3. Наведіть заходи попередження порушення матеріального балансу в ректифікаційних колонах.

4. Опишіть захист ректифікаційних колон від проявів високих температур.
5. Наведіть заходи по попередженню порушення процесу конденсації парів.
6. Які методи профілактики поширення пожежі на ректифікаційних установках?

ТЕМА 15. ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ХІМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Мета вивчення теми

Розглянути особливості протікання процесів сорбції та вимоги щодо забезпечення їхньої пожежної безпеки, ознайомитися з специфічними вимогами пожежної безпеки при використанні в промисловості екзотермічних та ендотермічних хімічних процесів.

План

1. Пожежна безпека процесів адсорбції.
2. Пожежна безпека процесів абсорбції.
3. Пожежна безпека екзотермічних та ендотермічних хімічних процесів.

Основні терміни

Адсорбція, фізична адсорбція, хемосорбція, адсорбер, адсорбційна колона, абсорбція, хімічна абсорбція, фізична абсорбція, абсорбер, екзотермічні хімічні процеси, ендотермічні хімічні процеси

1 Пожежна безпека процесів адсорбції

Адсорбція – концентрування і достатньо міцне утримування речовин (адсорбатів, адсорбтивів) із газової фази чи розчинів на поверхні твердих тіл (адсорбентів) або на межі поділу (поверхні) рідин.

Розрізняють основні види адсорбції – фізичну адсорбцію і хемосорбцію.

Фізична адсорбція зумовлена ван-дер-ваальсовими, або електростатичними, силами притягання частинок адсорбованої речовини до частинок адсорбенту. Оборотно́сть процесу фізичної адсорбції створює сприятливі умови для послідовного проведення процесів адсорбції (поглинання речовини адсорбентом) та десорбції (вилучення з адсорбенту поглиненої речовини).

При **хемосорбції** молекули поглинутої речовини вступають у хімічну реакцію з молекулами адсорбенту.

Адсорбція широко застосовується в хімічній та нафтохімічній промисловості для очищення нафтопродуктів, рекуперації летких розчинників, розділення газів та рідин, глибокої сушки газів.

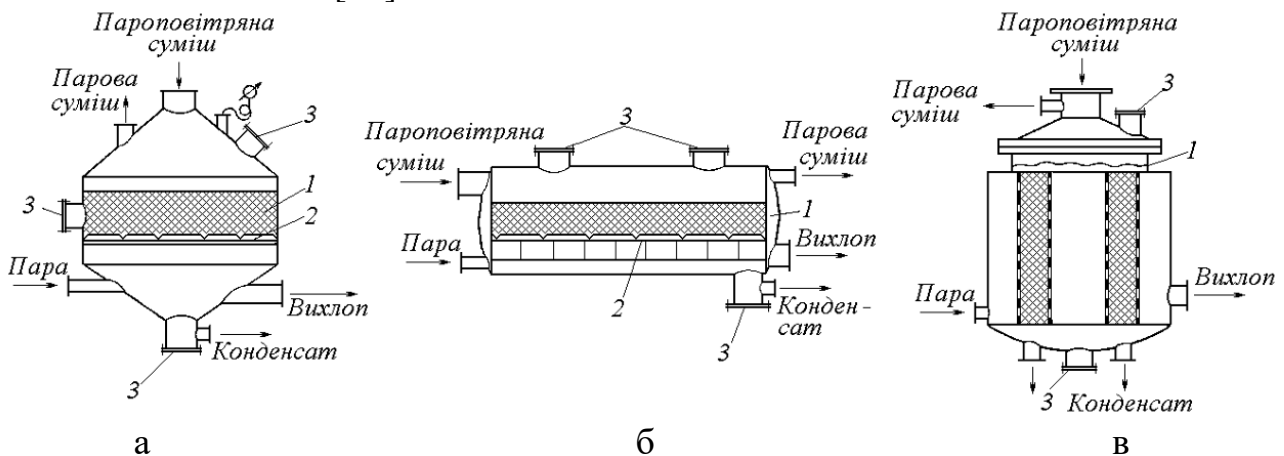
За хімічним складом всі адсорбенти можна розділити на вуглецеві й неуглецеві. До вуглецевих адсорбентів відносяться: активне (активоване) вугілля, вуглецеві волокнисті матеріали, а також деякі види твердого палива.

Невуглецеві адсорбенти включають: силікагелі, активний оксид алюмінію, алюмогелі, цеоліти й глинисті породи.

Адсорбер – пристрій, в якому здійснюють адсорбцію. Розрізняють адсорперіодичної і неперервної дії (гіперсорбери, адсорбери з киплячим шаром). Різновид адсорбера – адсорбційна колона.

Адсорбційна колона – апарат в якому відбувається процес поглинання одного або декількох компонентів із суміші газів або розчину твердою речовиною – адсорбентом. Застосовується для видалення з газів і рідин різних речовин, які містяться в невеликих концентраціях, летких розчинників з їх сумішей з повітрям або з будь-яким газом, в процесах осушування і очищення природних газів тощо. Як адсорбент використовуються тверді пористі речовини з великою питомою поверхнею – активоване вугілля, цеоліти, силікагель, йонообмінні смоли (йоніти) та ін. На поверхні або в порах адсорбенту відбувається концентрування компонентів, що видаляються. Розрізняють адсорбційні колони з нерухомим шаром адсорбенту, в яких адсорбція здійснюється періодично (відновлюється після десорбції), і з рухомим або «киплячим» шаром, в яких поглинання відбувається безперервно.

Адсорбери з нерухомим зернистим адсорбентом. Ці адсорбери являють собою вертикальні або горизонтальні апарати, у яких поміщений шар зернистого адсорбенту. Використовують також адсорбери з кільцевим шаром адсорбенту (рис. 15.1). Кожен апарат складається з корпусу 1, решітки 2 з адсорбентом, що знаходиться на ній, штуцерів для введення і вихлопу пароповітряної (парогазової) суміші, пари, парової суміші, штуцера для зливу конденсату, технологічних люків [56].



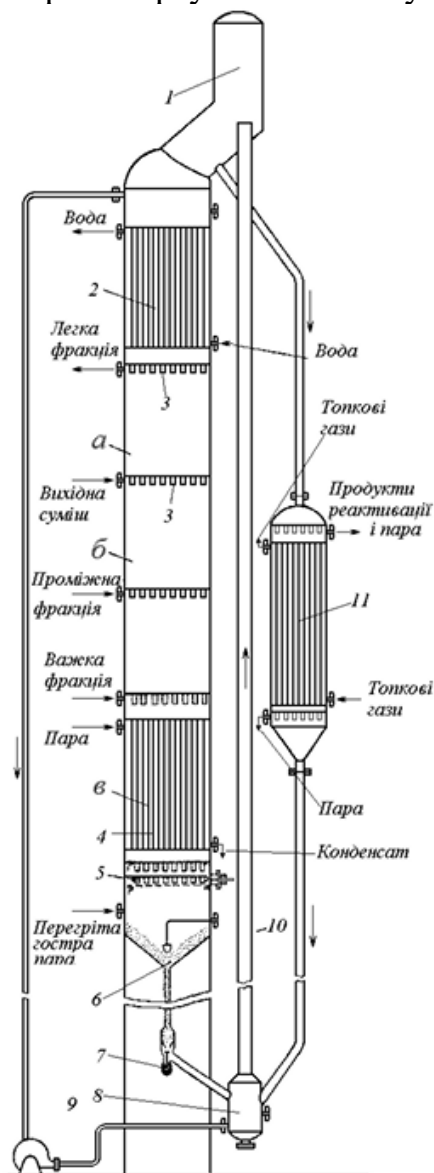
а – вертикальний; б – горизонтальний; в – вертикальний із кільцевим шаром адсорбенту: 1 – корпус; 2 – решітка; 3 – люки

Рисунок 15.1 – Адсорбери з нерухомим зернистим адсорбентом

Ці адсорбери належать до апаратів періодичної дії. Спочатку пароповітряна (парогазова) суміш проходить через шар адсорбенту. Після його насичення компонентом, що поглинається, подача пароповітряної суміші припиняється і в адсорбер подають перегріту водяну пару або інший агент, що витісняє. Парова суміш (суміш водяної пари й десорбованого компонента) видаляється з апарата й надходить для поділу у відстійник періодичної дії або ректифікаційну колону. Потім шар адсорбенту сушать, продуваючи гарячим повітрям, і охолоджують

холодним повітрям. Повітря пропускають таким самим шляхом, як і пару для десорбції.

Адсорбер із рухомим зернистим адсорбентом. Робочий об'єм апарата (рис. 15.2) складається з зони адсорбції (зона а), зони ректифікації (зона б) і зони десорбції (зона в). Над зоною адсорбції знаходиться вбудований кожухотрубний водяний холодильник 2. Зона десорбції містить вбудований паровий кожухотрубний теплообмінник-десорбер 4. Зони відокремлені одна від одної розподільними тарілками 3 – трубними решітками з короткими відрізками труб. Адсорбент піднімається з нижньої частини апарата в бункер 1 по трубі-газопідйомнику 10 потоком транспортувального газу.



а – зона адсорбції; б – зона ректифікації; в – зона десорбції.

1 – бункер; 2 – холодильник; 3 – розподільні тарілки; 4 – теплообмінник-десорбер; 5 – розвантажувальний пристрій; 6 – гідравлічний затвор; 7 – регулюючий клапан; 8 – збірник; 9 – газодувка; 10 – труба-газопідйомник; 11 – теплообмінник-реактиватор

Рисунок 15.2 – Адсорбер з рухомим зернистим адсорбентом

Вихідна пароповітряна (парогазова) суміш подається на живильну тарілку, що відокремлює зону адсорбції (зона а) від зони ректифікації (зона б). Вона піднімається уверх у зоні адсорбції а назустріч адсорбенту, який опускається вниз, після охолодження у водяному холодильнику 2. У зоні адсорбції при зіткненні адсорбенту із сумішшю він поглинає частину її компонентів. Непоглинена легка фракція суміші виходить із апарата через штуцер угорі зони адсорбції. Далі адсорбент проходить зону ректифікації, де він контактує з парогазовою сумішшю, що піднімається з зони десорбції. При цьому з нього відганяється середня фракція вихідної суміші, що залишає апарат через штуцер у середній частині зони ректифікації. Потім адсорбент надходить у трубки розташованого в зоні десорбції в парового теплообмінника-десорбера 4, у міжтрубному просторі якого конденсується гріюча пара. Одночасно в трубки теплообмінника-десорбера 4 подається перегріта гостра пара для десорбції з адсорбенту важких компонентів вихідної пароповітряної суміші, що виходять з апарата через штуцер у верхній частині зони десорбції в. Частина більш легких компонентів піднімається в зону ректифікації. Регенований у зоні десорбції в гарячий адсорбент через розвантажувальний пристрій 5 і гідрозатвор 6, що запобігає витoku гострої пари, надходить у збірник 8, куди газодувною 9 подається транспортувальний газ (частина легкої фракції, відібраної з верхньої частини апарата). У потоці транспортувального газу адсорбент по трубі-газопідйомнику 10 повертається в бункер 1. Для повного відновлення активності адсорбенту його частина з бункера переходить у теплообмінникреактиватор 11, що обігривається топковими газами, де він продувається гострою парою, після чого надходить у збірник 8.

Пожежна небезпека процесу адсорбції характеризується [43] наявністю горючої рідини у виробничих цехах і на станції самої рекуперації, можливістю утворення вибухонебезпечних концентрацій пари горючої рідини на робочих місцях, у лініях транспортування пароповітряних сумішей і в об'ємі адсорберів, наявністю активованого вугілля, яке може горіти і в певних умовах самоспалахувати.

Загальна кількість горючої рідини станції рекуперації, що знаходиться в апаратах, може доходити до 10 т і більш. Кількість вугілля на станціях середньої продуктивності досягає 10-12 т. Слід також ураховувати, що всередині об'ємів адсорберів вибухонебезпечна концентрація пари горючої рідини може утворитися навіть у тому випадку, коли пароповітряна суміш, що потрапляє до них, матиме концентрацію значно нижчу за нижню концентраційну межу поширення полум'я. Таке явище можливе при підвищенні температури спалаху вугілля.

Джерелами запалювання при проведенні процесів адсорбції можуть бути іскри удару і тертя (пошкодження лопатей вентиляторів, знос підшипників і ін.) та теплота самозаймання активованого вугілля.

Розповсюдження пожежі відбувається по технологічних комунікаціях, що транспортують пароповітряні суміші.

Специфічні вимоги пожежної безпеки при проведенні процесів адсорбції:

- адсорбційна установка має забезпечувати безперервне і повне відсмоктування пари горючих рідин, що виділяється, від усіх робочих місць;
- лінії паро-, газоповітряної суміші адсорбційної установки мають бути забезпечені справними вогневими перешкодами (кількість вогневих перешкод, їх вигляд і розміри вогнегасної насадки мають відповідати проекту)
- у повітроводах має здійснюватися контроль швидкості руху пароповітряних сумішей (підтримується в межах 10-12 м/с);
- не допускається забруднення внутрішньої поверхні трубопроводів твердими горючими матеріалами;
- адсорбери мають бути обладнані пристроями для затоплення водою (підключаються до водопровідної мережі);
- активоване вугілля має застосовуватися тільки стандартне, з кількістю пилу в ньому (за масою) не більше 1%;
- має проводитися регулярний контроль температури в різних точках товщі активованого вугілля (критична температура не більше 60 °С);
- оптимальна висота шару активованого вугілля мусить витримуватися в межах 1-1,5 м – для вертикальних і 0,5 – 0,8 м – для горизонтальних адсорберів;
- для виключення випадків самозаймання відпрацьоване активоване вугілля після вивантаження необхідно змочувати водою;
- фільтри на адсорбційних установках або циклони для уловлювання з середовища, що транспортується, твердих домішок мають бути справними і регулярно очищатися.

3 Пожежна безпека процесів абсорбції

Абсорбція – це вибіркове поглинання речовини з газового чи рідкого середовища усім об'ємом твердого тіла чи рідини.

Розрізняють хімічну та фізичну абсорбцію. При **хімічній абсорбції** компонент, який абсорбується, зв'язується в рідкій фазі у вигляді хімічної сполуки.

При **фізичній абсорбції**, розчинення газу не супроводжується хімічною реакцією. Поглинання компонента відбувається доти, поки його парціальний тиск у газовій фазі вищий від рівноважного тиску над розчином. Абсорбція процес вибірквий і оборотний. Величина абсорбції (як наслідок дії), тобто поглинання, вбирання, всмоктування, визначаються розчинністю певного газу в рідкому розчиннику, а швидкість процесу (дії) – різницею концентрацій у газовій суміші і рідині. Якщо концентрація газу в рідині вища, ніж у газовій суміші, то він виділяється із розчину (десорбція).

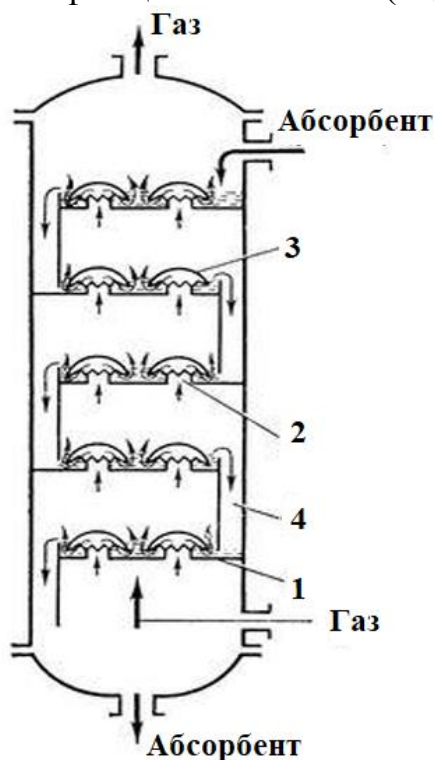
Процеси абсорбції, як правило, екзотермічні. Тепло, що виділяється буде підвищувати температуру процесу, що викликає зниження поглинальної здатності рідини, і умови абсорбції будуть погіршуватися. Отже, процес абсорбції доцільно вести при зниженій температурі і підвищеному тиску.

Для реалізації абсорбції використовують спеціальні пристрої – абсорбери.

Абсорбер – пристрій для здійснення абсорбції. В основі конструкції абсорбера – металева колона або інша видовжена посудина.

Абсорбери бувають: насадочні, тарілчасті (рис.15.3), барботажного типу, розпилюючі розприскуючі.

Конструктивно вони мало чим відрізняються від ректифікаційних колон, хоча процеси, що протікають в абсорберах (утворення розчинів) протилежні процесам, що протікають у ректифікаційних колонах (поділ розчинів).



1 – тарілки, 2 – патрубки, 3 – колпачки, 4 – переливні трубки

Рисунок 15.3 – Тарілчастий абсорбер

Пожежна небезпека процесів абсорбції [57]. В якості абсорбентів в багатьох випадках використовуються горючі рідини, а газові і парогазові суміші часто теж горючі. Тому велика кількість абсорбційних установок пожежовибухонебезпечна.

Дуже часто суміш невибухонебезпечної вихідної суміші при проходженні через абсорбер міняється і стає вибухонебезпечною. У цих умовах необхідно застосовувати, газові суміші, що виключають можливість спалахування або вибуху. Однак при абсорбції газових сумішей не завжди забезпечуються умови, що виключають аварії. Відзначено випадки вибухів в апаратурі воднево-повітряної суміші при абсорбції водою хлористого водню. Такий випадок наведено в роботі [57]. Так, на одному з заводів з виробництва синтетичної соляної кислоти на установці абсорбції хлористого водню відбувся вибух у газовому холодильнику, що знаходиться за абсорбером. Вибухом були зруйновані газовий холодильник, комунікації і частково абсорбер. Вибухонебезпечна суміш водню з повітрям утворилася в результаті того, що під час пуску печі синтезу хлористого водню в абсорбер був поданий газ, що містить велику кількість

водню. На вході в скруббер газ не був вибухонебезпечний. При поглинанні водою хлористого водню концентрація водню в газовій суміші зросла й в апараті утворилася вибухонебезпечна суміш водню з повітрям.

Пожежна небезпека процесів абсорбції обумовлюється фізико-хімічними і пожежовибухонебезпечними властивостями застосовуваних речовин (речовин, що направляються на поділ і поглиначів) їхньою кількістю, режимом роботи абсорберів і іншого устаткування. Кількість горючих речовин, що циркулюють і постійно знаходяться в апаратах технологічної установки і її трубопроводів, залежить від продуктивності установки по абсорбтиву й абсорбенті, від розмірів апаратів, кількості і розмірів проміжних емкостей з абсорбентом

Умови утворення горючого середовища в абсорберах [57]. При нормальній роботі усередині абсорберів концентрація газо-парової фази знаходиться поза межами запалення, тому що суміші, що надходять на абсорбцію, найчастіше не містять кисню.

При надходженні на абсорбцію паро- або газоповітряної суміші, можливі два випадки:

- початкова концентрація горючих компонентів більше верхньої концентраційної межі поширення полум'я (у процесі абсорбції концентрація горючих компонентів буде зменшуватися і на визначеному етапі може проходити концентраційні межі – це небезпечно);

- початкова концентрація горючих компонентів менше нижньої концентраційної межі поширення полум'я.

В залежності від величини робочої температури в абсорбері і нижньої температурної межі поширення полум'я абсорбенту у другому випадку можливі два варіанти:

- при $t_p < t_n$ горючі концентрації не утворюються. Це має місце при нормальній роботі, коли в абсорберах підтримується невелика робоча температура (процес поглинання йде краще при відносно низьких температурах);

- при $t_p > t_n$ можуть утворитися горючі концентрації. Це може бути при порушеннях режиму охолодження абсорбенту або вихідної газової суміші, що надходить на абсорбцію, у результаті яких температура в абсорбері буде підвищуватися.

Причини підвищення температури в абсорбері. Однією з причин є підвищення температури в абсорбері при порушенні режиму охолодження абсорбенту (чи суміші), яке можна визначити виходячи з наступних розумінь. Кількість тепла, що виділяється при абсорбції, йде на нагрівання абсорбенту і газової суміші. У результаті їхня температура підвищується. Оцінюючи небезпеку утворення горючих концентрацій в проміжних емкостях, тобто в емкостях, де знаходиться насичений компонентом абсорбент, необхідно враховувати не тільки наявність у них парів самого абсорбенту, але і тих парів або газів, що поглинаються і будуть виділятися з абсорбенту. Варто враховувати також, що при заповненні проміжних емкостей насиченим абсорбентом не виключена можливість утворення місцевих горючих концентрацій у районі викиду пароповітряної суміші назовні через дихальні труби.

Значна пожежна небезпека виникає при ушкодженні і руйнуванні абсорбційних установок, причиною яких можуть бути підвищення тиску і корозія.

Підвищення тиску в абсорбційних установках буває в наступних випадках:

1. Зниженні рівня рідини, що знаходиться в нижній частині абсорбера. У цьому випадку газова фаза може безперешкодно виходити з абсорберів назовні через проміжні ємності, а при відсутності проміжних емкостей газова фаза першого абсорбера буде надходити в десорбційні колони, що викликає підвищення тиску, тому що колони майже завжди працюють при меншому тиску, чим абсорбери .

2. При зростанні гідравлічного опору шару насадки (чи тарілок) скрубєрів.

3. При забрудненні насадки відкладеннями солей і інших твердих домішок.

Деякі гази при абсорбції здатні до різних фізико-хімічних перетворень з наступним нагромадженням продуктів, що утворюються, в апараті, що активні і можуть за певних умов розкладатися з вибухом. Вибухове розкладання нестабільних хімічних сполук відбувається тоді, коли така речовина знаходиться в сухому стані (у зволоженому – безпечно).

Причинами ушкодження абсорберів є також інтенсивна корозія матеріалів абсорбційних установок, помилки в апаратурному оформленні абсорбційних установок і ін. При уловлюванні чи наявності в газовій суміші домішок, що викликають корозію (сірчисті сполуки, галоїдпохідні, пари кислот і т.д.), а також при використанні поглиначів у виді водяних розчинів кислот і лугів може мати місце інтенсивна корозія виробничого устаткування.

4. Помилки в апаратурному оформленні системи абсорбції часто є причиною аварій на виробництві. Приклад: аварія при виробництві аміаку: при відмиванні газів з окису вуглецю відбувся вибух у колекторі для фракції окису вуглецю при пуску агрегату. Дослідження причин аварій показало, що були відсутні необхідні гідрозатвори і схема продувки інертним газом.

Частими є пожежі і вибухи в збірниках відпрацьованих вод, насичених вибухонебезпечними газами. Приклад: на азототуковому заводі при експлуатації відкритих баків відпрацьованого розчину луку відбувалося забруднення повітря приміщень коксовим газом, коксовий газ, що виділяється з абсорбенту проникнув у приміщення електропідстанції і при взаємодії з відкритими електроконтактами вибухнув [57].

Можливі джерела запалювання:

- самозаймання сульфідів заліза (пірофорних сполук);
- розряди статичної й атмосферної електрики й ін.
- спалахування хімічних продуктів;
- іскріння електроустаткування;
- відкритий вогонь при автогенних і зварювальних роботах;
- іскріння від ударів твердими предметами;
- перегрів реакційної маси і перевищення тиску газів у закритій апаратурі від некерованих процесів і ін.

Можливі шляхи поширення пожежі:

- по теплоізоляції технологічного устаткування;
- по дзеркалу горючої рідини, що розлилася;
- по технологічних комунікаціях і трубопроводам;
- по вентиляційних системах, воздуховодам, прорізам;
- по горючих матеріалах і т.д.

Отже, пожежна небезпека абсорбційних процесів характеризується:

- властивостями пароповітряної суміші;
- кількістю і властивостями горючих речовин, що циркулюють в якості абсорбента;
- продуктивністю, розмірами абсорбційної установки, справністю апаратурного оформлення;
- можливістю утворення горючої суміші, умовами появи джерел запалювання і шляхів поширення пожежі.

Протипожежні заходи, що виключають утворення горючого середовища в абсорберах:

- застосування систем автоматичного регулювання робочого тиску, температури, рівня рідини в абсорберах;
- застосування пожежонебезпечних абсорбентів (метилпірролідон, ДМФА);
- контроль за температурою і тиском в абсорберах;
- облаштування гідравлічних затворів на лініях, що відводять отводящих абсорбент;
- очищення абсорбера від забруднень і відкладень;
- застосування антикорозійних металів; своєчасне очищення від пірофорних сполук.

Протипожежні заходи, що виключають виникнення джерел запалювання [57]:

- повільне окислювання в процесі продувки апаратів водяною парою; зволоження стінок апарата;
- заземлення устаткування;
- дотримання температурного режиму процесів;
- дотримання режиму ведення технологічного процесу;
- контроль за справністю електродів у електрофільтрах;
- своєчасне очищення устаткування від пірофорних відкладень;
- застосування іскробезпечного інструмента;
- захист від статичної й атмосферної електрики.

Протипожежні заходи, що виключають поширення пожежі:

- облаштування абсорбційних установок системою пожежогасіння;
- розміщення абсорбційних установок на відкритих площадках;
- захист повітряводів і ліній при виході їх з виробничих приміщень вогнеперешкоджувачами;
- очищення пароповітряної суміші від механічних домішок (пилу, ниток, пуху й ін);

- захист воздуховодів мембранними вибуховими клапанами (у випадку, якщо можливо детонаційне горіння);
- застосування засувок на робочих місцях і повітряводах для відключення ліній у випадку пожежі.

4 Пожежна безпека екзотермічних та ендотермічних хімічних процесів

Хімічні процеси поділяються на екзотермічні і на ендотермічні [58].

Найбільш широко поширеними екзотермічними процесами в хімічній промисловості є: окислення; хлорування; гідрування; полімеризація; поліконденсація.

Екзотермічні хімічні процеси супроводжуються позитивним тепловим ефектом, що обумовлює нагрів реакційного середовища до температур, що перевищують у ряді випадків оптимальні межі.

Забезпечення пожежовибухонебезпечних реакційних процесів з великим тепловим ефектом іноді представляє складне технічне завдання, оскільки у ряді випадків необхідне відведення тепла від реагуючого середовища з дуже великою швидкістю. Для цього застосовуються як негорючі рідини (вода, сольові водні розчини і ін.) так і пожежовибухонебезпечні рідини і гази, у тому числі і зріджені.

Використання холодоагентів, як правило підвищує пожежовибухонебезпеку установок і вимагає додаткового технологічного устаткування.

Для деяких екзотермічних хімічних процесів необхідний первинний тепловий імпульс, наприклад, процес полімеризації. Тому апарати, в яких протікають подібні процеси, мають систему і обігріву, і охолодження, що збільшує їх пожежну безпеку.

Багато екзотермічних процесів мають велику чутливість до різних домішок, у присутності яких може різко зростати їх швидкість і, отже, тепловиділення, на яких не розрахована система охолодження. При великих швидкостях такі процеси стають некерованими, що може привести до вибуху. Найбільше поширені в хімічній, нафтохімічній, нафтопереробній промисловості такі ендотермічні процеси, як дегідрування і піроліз вуглеводнів.

До ендотермічних процесів відносяться процеси дегідрування, піролізу та інші.

Аналіз причин аварій в хімічній промисловості показує, що основна їх кількість (81 %) пов'язана з веденням хіміко-технологічних процесів, 13 % з підготовкою устаткування до ремонту, ремонтним роботам або прийомом устаткування до ремонту і 6 % – по інших причинах.

Пожежовибухонебезпеку хімічних реакторів визначають наступні чинники:

- фізико-хімічні і пожежонебезпечні властивості реагентів і продуктів реакції;
- властивості реакційного середовища і вживаних каталізаторів (ініціаторів);

- параметри процесу, що відбувається в реакторі (тиск, температура, об'ємна або масова швидкість);

- тип і конструктивні особливості реактора.

Ушкодження реакторів (аварії) виникають при:

- порушенні матеріального балансу;
- порушенні режиму тиску в апараті;
- порушенні теплового балансу;
- у результаті корозії й ерозії матеріалу реактора.

Матеріальний баланс реактора – це склад і кількість вихідних речовин, що обертаються в реакторі і продукти реакції. Прорахунки допущені при складанні матеріального балансу впливають на пожежовибухонебезпеку реактора.

Збільшення швидкості хімічної реакції приводить до підвищення тиску в реакторі. На швидкість хімічного процесу впливають багато факторів: природа і концентрація вихідних речовин, температура, тиск, каталізатор, різні домішки. На виробництві аварійні ситуації найбільше часто виникають при збільшенні швидкості реакції через порушення температурного режиму, при збільшенні концентрації реагуючих речовин, кількості каталізатора, при збільшенні тиску.

Для прискорення протікання хімічних реакцій використовують каталізатори. Порушення режиму теплообміну (забруднення теплообмінних поверхонь, чи зменшення припинення подачі холодоагенту й ін.) викликає небезпечний розігрів реакційного середовища. При зростанні температури швидкість реакції може досягти дуже високих значень, при яких можливе спалахування або вибух реакційної суміші. Контроль за температурою здійснюється в зоні реакції і на стінках реактора. Так наприклад, реактор КР оснащений трьома термопарами, що мають багато зон (для контролю температури реакції) і 22 зовнішніми поверхневими термопарами.

Порушення температурного режиму реактора – найбільш часта причина аварій і пожеж на промислових підприємствах. Ізотермічний режим найбільш безпечний для промислових реакторів. І чим більше відхилення від ізотермічного режиму убік збільшення температури в порівнянні з оптимальною, тим сприятливі умови для виникнення аварійних ситуацій. Відхилення від ізотермічного режиму можуть бути викликані різними причинами: неправильним теплотехнічним розрахунком теплообмінних пристроїв реактора; порушенням режиму експлуатації реактора і систем теплообміну (перевантаження реактора, проведення хімічних процесів із завищеною кількістю каталізатора, несвоєчасне очищення теплообмінних поверхонь від відкладень) і ін. Порушення режиму тиску. Для кожного хімічного процесу встановлюється не тільки оптимальна температура, але й оптимальний режим тиску (так наприклад, процес гідрокрекінгу в присутності водню ведуть при температурі 450° С та тиску 15 МПа). Головне питання пожежовибухонебезпеки при роботі реакторів під підвищеним тиском – забезпечення надійної механічної тривкості апаратів і герметизації їхніх вузлів. Для захисту реакторів від підвищених тисків їх обладнують запобіжними клапанами з відводом газів на свічу або смолоскип; якщо в реакторі можливий вибух, його захищають

вибуховим клапаном. Хімічні реактори повинні мати надійну систему автоматичного регулювання температури, яка б забезпечувала збереження теплового балансу.

Матеріали, з яких роблять реактори піддаються корозії й ерозії. Це знижує їхню механічну стійкість. Реактори піддаються і ерозійному зносу, особливо коли застосовуються процеси з твердими каталізаторами, що рухаються. Аналіз пожеж (вибухів) за джерелами запалювання на хімічних підприємствах показує, що спалахування хімічних продуктів складає 25% від загального числа пожеж.

Можливі джерела запалювання при експлуатації хімічних реакторів:

- спалахування хімічних продуктів;
- іскріння електроустаткування і розряди статичної електрики;
- відкритий вогонь при автогенних і зварювальних роботах;
- іскріння від ударів твердими предметами;
- перегрів реакційної маси і перевищення тиску газів у закритій апаратурі від некерованих процесів і ін.

Можливі шляхи поширення пожежі:

- по теплоізоляції технологічного устаткування;
- по дзеркалу горючої рідини, що розлилася;
- по технологічних комунікаціях і трубопроводам;
- по вентиляційних системах, повітроводам, прорізам;
- по горючим матеріалам і т.д.

Питання до самоконтролю:

1. У чому полягає процес адсорбції?
2. Наведіть схему і принцип дії адсорбера з нерухомим зернистим адсорбером.
3. Наведіть принцип дії адсорбера з рухомим зернистим адсорбентом.
4. Охарактеризуйте процес адсорбції з точки зору пожежної небезпеки. Наведіть специфічні вимоги.
5. У чому полягає процес абсорбції?
6. Опишіть основні джерела пожежної небезпеки при проведенні процесів абсорбції.
7. Які умови утворення горючого середовища в абсорберах?
8. Які причини підвищення температури в абсорберах?
9. Наведіть причини підвищення тиску в абсорберах.
10. Назвіть протипожежні заходи, що виключають утворення горючого середовища і джерела запалювання в абсорберах.
11. Опишіть пожежну безпеку екзотермічних та ендотермічних хімічних процесів.
12. Охарактеризуйте пожежовибухонебезпеку хімічних реакторів.

ТЕМА 16. ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА МЕТАЛУРГІЙНОГО ВИРОБНИЦТВА

Мета вивчення теми

Ознайомитися з технологіями виробництва агломерату, чавуну, сталі, готового прокату, розглянути джерела та причини виникнення вибухів і пожеж у металургійному виробництві.

План

1. Пожежна безпека аглодоменного виробництва.
2. Пожежна безпека конвертерного виробництва.
3. Пожежна безпека прокатного виробництва

Основні терміни

Агломерат, доменна піч, шлак, чавун, доменний газ, повітрянагрівач, конвертер, сляби, блюми, листовий і сортовий прокат, прокатний стан, нагрівальні колодязі, методична піч, ковпакова піч.

1 Пожежна безпека аглодоменного виробництва

Технологія агломераційного виробництва. Виготовлення, спікання, агломерату – це високотемпературний процес огрудкування, спікання, дрібних рудних матеріалів, флюсів та металургійних відходів за рахунок тепла, що виділяється у шарі шихти при горінні твердого палива, а також тепла зовнішнього нагріву шару агломераційної шихти.

Агломерація є основним способом підготовки рудної сировини для доменної плавки. У рудній частині доменної шихти масова частка агломерату становить більш ніж 60-70%, а решта належить залізорудним окатишам і збагаченій кусковій залізній руді.

До складу агломераційної шихти, що є сумішшю певних доз сировинних матеріалів, зазвичай **вводять**:

- головний компонент шихти – тонкоподрібнений залізорудний концентрат – продукт збагачення бідних залізних руд, товщиною менше 0,07 мм (масова частка в шихті 52-58%);
- агломераційну руду крупністю трохи більше 8-10 мм (10-15 %);
- металургійні відходи не більші за 8-10 мм (5-12 %);
- подрібнені флюсові вапняки та вапно крупністю не більше 3 мм (13-17%);
- подрібнене тверде паливо (коксова дрібниця та антрацит) крупністю не більше 3 мм (3,5-4 %).

Крім сирих матеріалів шихту включають дрібне повернення (0-5 мм). В якості дрібного повернення виступає відсів з дрібного продукту попереднього циклу виробництва агломерату (в кількості 20-30 % від маси сирої шихти). Всі шихтові матеріали переміщуються при одночасному їх зволоженні (до 4% вологи). За рахунок невеликого зволоження буде значно зменшуватися пилоутворення і краще буде відбуватися процес змішування. Далі шихту

продовжують зволожувати до загальної вологості на рівні 7,5-8 % та повторно змішують з одночасним обгрудкуванням шихти. Після перетворення шихти на грудки та гранули, вона створює газопроникну структуру у шарі заввишки 300-500 мм і більше. Саме така структура шару шихти є основною умовою гарного процесу агломерації. Структурні утворення шихти також мають міцність до ударів та інших навантажень, що виникають при транспортуванні, без значних руйнувань. Це буде сприяти виключенню руйнування гранул при всіх навантаженнях на шляху до агломераційної машини, особливо в процесі спікання шихти на стрічці, коли в шарі протікають фізичні процеси тепло-і вологообміну. Саме такі процеси негативно впливають на цілісність гранул.

Обгрудкування аглошихти є завершальною операцією циклу її підготовки перед завантаженням на агломераційну машину.

Принципова схема технологічного процесу виробництва агломерату наведена на рис.16.1. У дозувальні бункери завантажують рудну суміш агломераційних руд, концентратів та дрібних відходів, повернення, подрібнені вапнякові флюси та тверде паливо. Шляхом вагового дозування з накопичених у бункерах кожного виду матеріалів складають агломераційну шихту на стрічку конвеєра. Аглошихту змішують і обгрудковують в спеціальних барабанах, що обертаються, потім завантажують на безперервний ряд палет агломашини, що рухаються.

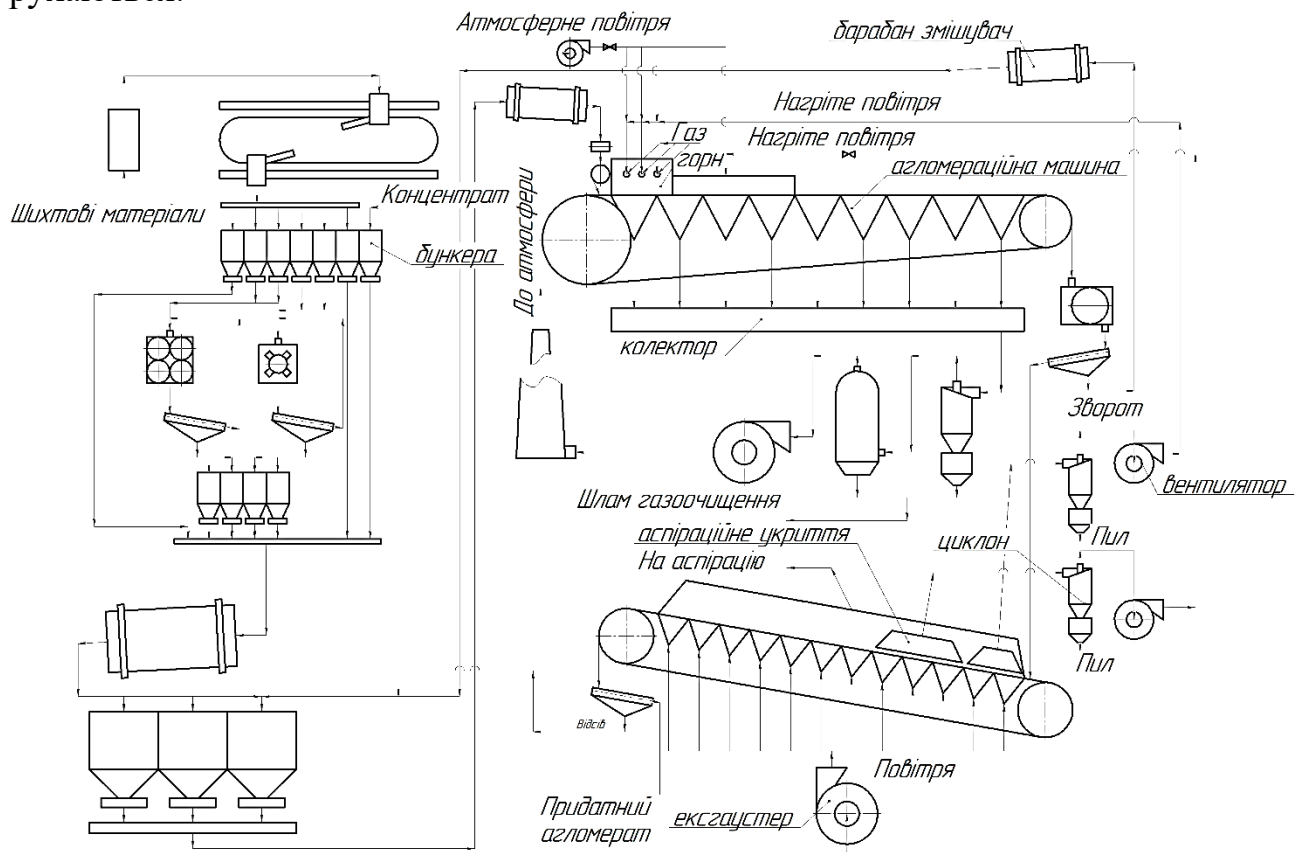


Рисунок 16.1 – Схема технологічного процесу виробництва агломерату

Поверхня шихти на палетах, що рухаються, потрапляє під запальний горн, підігрівається до 700-800 ° С і паливо шихти запалюється.

Надалі спікання шихти протікає при безперервному просмоктуванні крізь її шар атмосферного повітря і викиді газів, що відходять з шару, за допомогою ексгаустера при обов'язковому їх очищенні від пилу в газоочисному апараті. Падаючий з палет великогабаритний спек піддають дробленню в спеціальній дробильній машині і на вібраційних грохотах з виділенням повернення крупністю 0-5 мм і придатного, товарного агломерату крупністю більше 5 мм, що відправляється далі в доменний цех.

Пожежна безпека агломераційного виробництва.

Згідно ДСТУ Б В.1.1-36:2016 будівля агломераційного цеху відноситься до категорії приміщень за вибухопожежною та пожежною небезпекою – В.

При виборі конструкцій електричних машин і апаратів, що встановлюються в пожежонебезпечних приміщеннях, враховується ступінь пожежної небезпеки цих приміщень відповідно до класифікації, встановленої ПУЕ. Пожежонебезпечна зона цеху агломерації відноситься до класу П-Па - зони в приміщеннях, в яких знаходяться тверді горючі речовини та матеріали.

Вибухонебезпечною вважається зона в приміщенні в межах до 5 м по горизонталі і вертикалі від технологічного апарату, з якого можливе виділення горючих газів або парів легкозаймистої речовини, якщо обсяг вибухонебезпечної суміші дорівнює або більше 5% вільного об'єму приміщення. Клас зони вибухонебезпечності агломераційного цеху 22 – зони, простір, в якому вибухонебезпечний пил у завислому стані може з'являтися нечасто й існувати недовго або в якому шари вибухонебезпечного пилу можуть існувати й утворювати вибухонебезпечні суміші в разі аварії.

Ступінь вогнестійкості будівлі агломераційного цеху – II. Такі будівлі мають несучі та огорожувальні конструкції з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону або залізобетону із застосуванням негорючих матеріалів.

Для запобігання пожеж під час планових і екстрених зупинок агломераційних машин обов'язкове дотримання наступної послідовності виконання операцій: спочатку припиняють подачу шихти, потім палива та повітря. Тягодуттьові машини (ексгаустери, димососи, вентилятори) зупиняють лише після повного згоряння палива на машині.

Також для забезпечення пожежо- та вибухобезпеки горни агломераційних машин обладнують автоматичною відсічкою подачі палива на пальники під час зупинки тягодуттьових машин, а також під час падіння тиску газу і повітря нижче визначеного рівня.

Для запобігання руйнуванню горна випалювальної машини, викидам полум'я та продуктів згоряння у приміщення в разі можливих порушень правил експлуатації машини на горні встановлюють вибухові клапани. Охолоджувати кладку горна водою забороняється.

Технологія доменного виробництва (рис.16.2). Плавка в доменній печі складається з декількох операцій: операції, пов'язані з шихтою; операції з доменними печами та доменними добавками; операції з чавуном; операції з обробки шлаку;

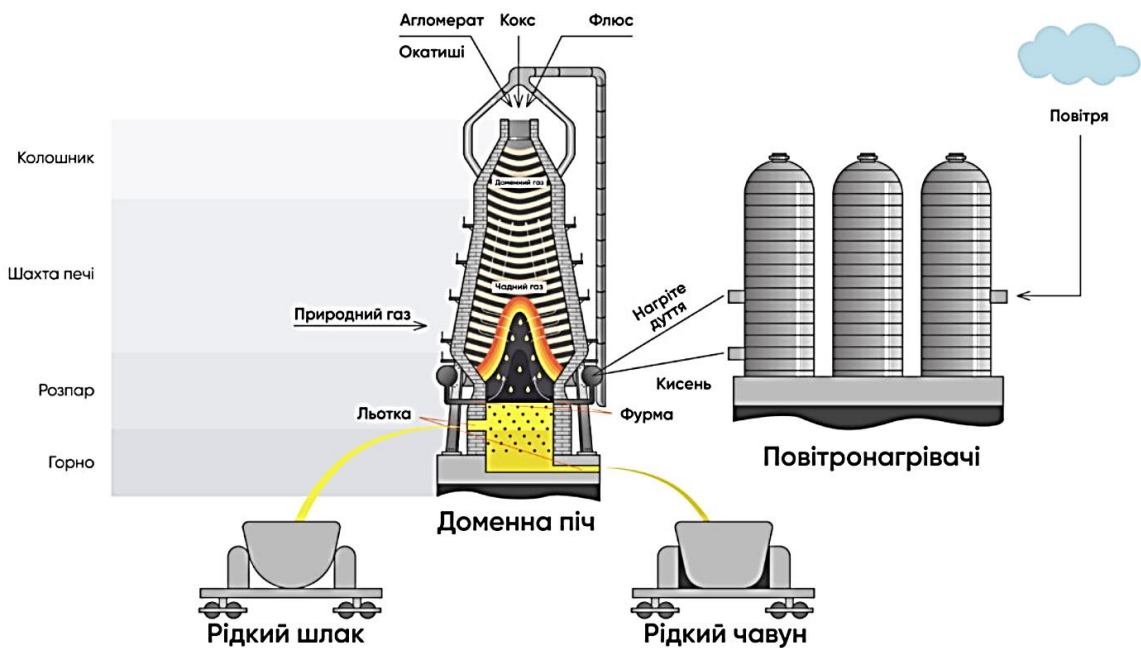


Рисунок 16.2 – Схема доменного виробництва

Найбільш трудомісткими операціями є розвантаження шихти, що надходить у доменне виробництво, сортування, зберігання і усереднення на рудному дворі, завантаження шихти в бункер доменної печі, подача шихти в доменну піч, а також забезпечення своєчасного і ефективного завантаження шихти в доменну піч.

Операції з доменними печами та доменними добавками забезпечують мінімально необхідну температуру, вміст кисню, природного газу та інших паливних добавок.

Доменні операції включають в себе управління режимами роботи печі, доменної печі та шихти шляхом зміни технологічних параметрів.

Операції з чавуном включають різання та забивання залізної рейки, обслуговування жолоба ливарного двору, наповнення чавуновозів рідким чавуном і транспортування його на сталеливарні заводи та ливарні цехи, а також роботу на складах холодного чавуну.

Операції з обробки шлаку включають вивантаження шлаку з доменних печей, наповнення ковшів шлаком, грануляцію і транспортування на відвали, а також роботу на установках для грануляції шлаку.

Операції з газом включають регулювання тиску газу печі, прибирання пилу з апаратів грубого очищення доменного газу і контроль за газопроводами в газовому цеху заводу.

До операцій по обслуговуванню устаткування доменного цеху відносяться спостереження за станом і охолодженням доменних печей, своєчасний ремонт і зміна деталей, що зносилися, а також спостереження за станом і охолодженням доменних печей, а також спостереження за станом і роботою устаткування і споруд і своєчасний їх ремонт.

Основним агрегатом цеху є **доменна піч**– піч шахтного типу, викладена вогнетривкою цеглою.

Основними елементами доменної печі є колошник, шахта, горн, уступ. Найважливішим процесом, що відбувається в робочому просторі печі, є відновлення заліза з оксидів. Уцьому процесі доменна піч є відновлювальним протитечійним процесом, оскільки потік відновлювального газу рухається разом з шихтою, що опускається.

Доменні печі розташовані рядами в межах заводу, що полегшує їх обслуговування залізницею.

Шихта для виплавки чавуну в доменній печі:

- Залізна руда. Видобуті в кар'єрі «кристали» спочатку подрібнюють, а на спеціалізованому гірничо-збагачувальному комбінаті додають корисні речовини. В результаті виходить концентрат. Потім його гранулюють в агломерат або окатиші, які відправляють до доменної печі.

- Паливом є вугільний кокс і природний газ.

- Для зниження температури плавлення пустої породи в шихті використовуються спеціальні добавки (флюси). Для флюсу використовується вапняк.

Основні події в доменному виробництві – пожежі та вибухи шлаку або чавуну.

Вибухи розплавленого чавуну та шлаку відбуваються в результаті їх торкання з водою або вологими предметами. Вода швидко випаровується і її пари з великою силою розкидають чавун та шлак у простір.

Вибух шлаку та чавуну відбуваються коли вода або вологі предмети опиняються під шаром шлаку або чавуну. Якщо вода буде знаходитися зверху чавуну або шлаку, то вибухи не відбуваються так як вода кипить на їхній поверхні і пари її вільно виходять у зовнішній простір.

Вибухи чавуну та шлаку зазвичай спостерігаються при випусканні чавуну з недостатньо просушених льоток та випускних жолобів. Значна кількість вибухів відбувається при недостатній просушці ковшів. Так, основною причиною вибуху шлаку в ковшах в доменних печах є закидання на дно ковшів сирого сміття. Достатньо часто вибухи відбуваються при потраплянні чавуну або шлаку на сирі місця (підлогу, землю).

Основними причинами пожеж у доменному виробництві є несправність або неправильна експлуатація електрообладнання, налипання рідких плавильних матеріалів на горючі матеріали та вибухи при витокі доменних газів.

При виплавці чавуну **в доменних печах** використовуються такі **пожежонебезпечні матеріали:**

- **доменний газ** – утворюється в процесі доменної плавки і використовується в повітрянагрівачах у суміші з природним газом.

- **природний газ** – використовується для обігріву повітрянагрівачів, додається до доменного дуття; ступінь займання 5-17%, температура самозаймання 530 °С;

- **мінеральне масло** - використовується для змащування різних механізмів і в системах гідроприводу; температура спалаху 150-180 °С, температура самозаймання 250-400 °С.

- **кокс** – використовується як паливо та відновник у доменному виробництві; температура спалаху 400 °С, температура самозаймання 550 °С.

- **ацетилен** – використовується для зварювання та різання металів; область займання 2,5-81%, температура самозаймання 335 °С.

- **електроізолятори** – бавовна, гума, пластмаси.

- **деревина** – виготовлені окремі предмети робочих меблів; температура займання 270-300 °С, самозаймання – 330-470 °С.

Певну пожежну небезпеку становить наявність рідкого чавуну та шлаку.

У доменному виробництві до категорії А (вибухопожежонебезпечна) відносяться приміщення газорозподільних і газорегуляторних пунктів. До категорії Б (вибухопожежонебезпечна) відносяться приміщення подачі пиловугільного палива в піч, закриті галереї для транспортування вугілля. До категорії В (пожежонебезпечна) відносяться підбункерні приміщення, склади масел, приміщення масляних трансформаторів, маслотунелі гідравлічних систем, електрокабельні приміщення. До категорії Г відносяться ливарний двір і піддоменник. До категорії Д відносяться склади руди, приміщення щитів управління, механічні і електроремонтні майстерні.

Для попередження утворення вибухонебезпечних сумішей в міжконусному просторі доменної печі в нього подають азот або інший інертний газ. Подача газу блокується завантажувальним пристроєм (аби без подачі інертного газу в міжконусний простір механізм завантаження не працював).

У фундаментів доменних печей не можна складати будь-які горючі матеріали, відходи виробництва. Дахи і навіси ливарних дворів повинні регулярно очищатися від пилу.

Перш ніж вдувати в доменну піч пилоподібне паливо або мазут, треба переконатися в справності відсікаючої і замкової апаратури і контрольно-вимірювальних приладів.

Горючі гази в трубопроводах і устаткуванні створюють вибухопожежонебезпечні ділянки в доменному виробництві. **Найбільш вірогідні місця загоряння газу:**

- нещільність (негерметичність) в з'єднаннях;

- погано провітрювані приміщення, де знаходиться апаратура під тиском;

- газові тракти з горючим газом, при попаданні в яких повітря (із-за зниження тиску або припинення подачі газу) утворюється вибухонебезпечна суміш.

Небезпека вибуху газу зростає при зупинці печі, оскільки при цьому з неї припиняється вихід газу, а газ, що залишився в мережі, охолоджується і зменшується в об'ємі, створює розрідження, що викликає приплив повітря. Щоб уникнути вибуху при зупинці печі в газові тракти повинна подаватися пара.

Гасіння пожежі на трактах подачі газу може здійснюватися наступними способами:

- відривом полум'я сильними струменями води, пари, стислого повітря або азоту;

- закладенням місця прориву газу густим розчином глини, сіткової маси;

- забиванням пробки в отвір, що пропускає газ, і карбівкою отвору азбестом;
- накладенням пластиру з азбестового полотна з одночасним рясним змочуванням водою, зниженням тиску газу до 500 Па;
- заповненням газопроводу паром.
- Після закінчення гасіння газового полум'я необхідно забезпечити припинення виходу газу в атмосферу щоб уникнути її отруєння і утворення вибухонебезпечної суміші.

У вибухонебезпечних приміщеннях електричне устаткування, прилади, світильники встановлюються у вибухозахищеному виконанні. Недопустима самовільна заміна світильників, вимикачів і іншого електроустаткування, оскільки це може привести до вибуху.

Щоб уникнути пожежі на газових комунікаціях забороняється:

- користуватися факелом для відігрівання газопроводу і замкової арматури, а також для визначення місця витoku газу;
- застосовувати дерев'яні пробки для закриття штуцерів і отворів на газопроводах;
- витратити газ в разі падіння його тиску в газопроводі до значення менш 500 Па;
- складати поблизу газопроводу горючі матеріали;
- підпалювати газ, що випускається при продуванні газопроводу.

На ділянках шихтоподавання щоб уникнути загоряння транспортерних стрічок не допускається приймати неохолоджені шихтові матеріали (агломерат, кокс і ін.) з температурою вище 100 °С.

Ковші для чавуну і шлаку повинні подаватися лише сухими. Щоб уникнути виплеску чавуну і шлаку ковші не доливають до верхньої кромки на відстань, вказану в цеховій інструкції. Електрокабельне господарство має бути надійно захищене від попадання розплавленого чавуну і шлаку.

Протипожежні розриви між будівлею доменного цеху і довколишніми будівлями і спорудами складають: для будівель і споруд I і II ступеню вогнестійкості – 9 м, III, IIIа і IIIб – 12 м, для інших – 15 м.

Кожна ділянка цеху, на якому розташовується доменна піч, має не менше двох евакуаційних виходів. Ці виходи розташовуються розосереджено.

Будівлі доменного цеху відносяться до категорії Г і мають ступінь пожежної небезпеки IIIа. Зовнішнє пожежогасіння для таких будівель не передбачено.

2 Пожежна безпека конвертерного виробництва

Технологія виплавки сталі у кисневому конверторі. Конвертери – це великотоннажне металургійне обладнання, де всі технологічні процеси протікають з високою швидкістю. Тому до функціонування систем автоматичного контролю і управління безпекою пред'являються високі вимоги: загальний час плавки в 100-т конвертері становить 45 хв, з яких тільки 20-25 хв

фактично витрачається на продувку ванни киснем. За цей час видаляються домішки і метал нагрівається до температури близько 1600-1650°C. Конвертерні цехи являють собою складне поєднання технологічного, енергетичного і транспортного обладнання, а також систем пилогазоочищення (рис.16.3).



Рисунок 16.3 – Киснево-конвертерний цех ПрАТ «Металургійний комбінат «Азовсталь», станом до 2022 р.

Суть киснево-конвертерного способу полягає в тому, що рідкий чавун, залитий у футерований ківш, продувається технічно чистим киснем, що подається зверху або знизу ковша через водоохолоджувані вентиляційні отвори (рис. 16.4). У бак з рідиною також додають металобрухт і сипкі неметалеві матеріали. Під час продувки струмені кисню окислюють домішки, такі як вуглець і кремній, що містяться в чавуні, в результаті чого утворюється високоякісна сталь.

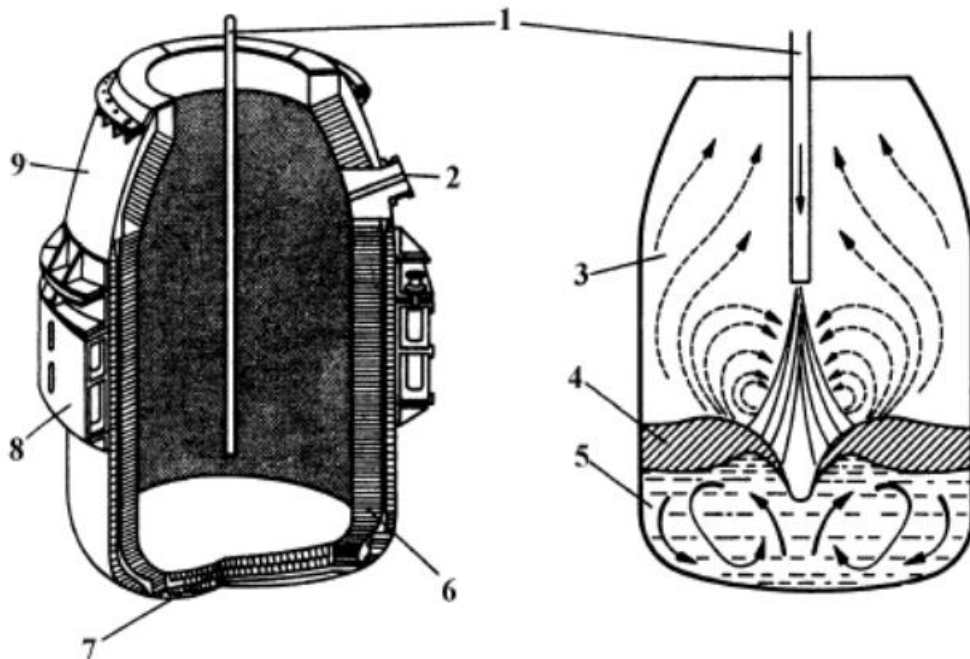
Після продувки сталь заливається в ківш, а конвертер обертається навколо горизонтальної осі. Окислення домішок у сталі киснем генерує велику кількість тепла, яке розплавляє додані шихтові матеріали.

За вибухонебезпечністю, вибухозахистом і пожежонебезпекою конвертерне і розливне відділення (прольоти) відносяться до категорії А. До категорії В належать газоочисне обладнання для конвертерних газів, відсіки змішувачів і завантажувальні майданчики. До категорії Д відносяться приміщення підготовки шихти.

Основними причинами вибухів і пожеж у конвертерних цехах є:

- контакт рідкого металу з водою (порушення правил експлуатації кисневих фурм, злив металу в погано просушену сталь після ремонту та ін.);
- порушення правил поводження з горючими газами (витік природного газу, що використовується для сушіння футерування конвертера або промковша, не повне уловлювання конвертерного газу через несправність футерування конвертера, порушення правил поводження з газгольдером);
- посудини під тиском;

- джерела займання, такі як рідкий чавун, іскри, розбризування чавуну або шлаку в будівлі відділення позапічної обробки.



1 – киснева фурма; 2 – сталева літка; 3 – газозбірник; 4 – шар шлаку; 5 – ванна розплавленого металу; 6 – футерування вогнетривке; 7 – дно конвертора; 8 – кільце; 9 – шолом конвертера

Рисунок 16.4 – Схема кисневого конвертора

Потенційними місцями контакту води з розплавленим металом або шлаком є кисневі інгалятори з водяним охолодженням, кесони і каміни. Найпоширеніший випадок потрапляння води в конвертер з охолоджувальної води кисневого вантажу – це вигорання мідної зовнішньої оболонки. Стінки промковша легко горять, коли вони контактують з рідким металом або шлаком, або коли розплавлений метал розбризується на поверхню промковша. Великі потоки води, що потрапляють в конвертер з палаючого промковша на поверхню шлаку або металу, можуть призвести до вибухів, в той час як невеликі потоки води, що випаровуються, можуть утворювати тверду кірку на поверхні, викликаючи контакт між водною масою і розплавленим металом.

Найбільшу небезпеку становить потрапляння вологого матеріалу під шар розплавленого металу під час розливання сталі в ківш. Коли вологий матеріал потрапляє під метал, він охолоджує прилеглий шар металу і утворює тверду кірку, під якою вода випаровується і розкладається, утворюючи вибухову суміш. Під впливом тепла кірка плавиться. У цьому випадку вибух відбувається не відразу, а наприкінці заповнення ковша сталлю або на початку розливання сталі у форму.

Наявність води на робочому майданчику біля конвертера, в шлаковому піддоні або на робочому майданчику під конвертером є ще однією небезпекою, а скидання шлаку в мокрий піддон або метал, що витікає з конвертера на мокру поверхню, розливається або вихлюпується, може призвести до вибуху. Невеликі

вибухи з розбризуванням розплавленого металу можуть також відбуватися під час відбору проб.

Одним з основних методів захисту конвертерних цехів від пожеж є організація контролю за складом горючих газів у повітрі приміщень конвертерного і розливного відділень (категорія А). Такий контроль необхідно здійснювати автоматичними газоаналізаторами, що мають звукову та світлову сигналізацію на випадок перевищення граничнодопустимої концентрації. Крім подачі світлового та звукового сигналів, автоматичний газоаналізатор повинен автоматично вмикати аварійну вентиляцію у разі, якщо концентрація нетоксичних газів сягне 20 % нижньої концентраційної межі займання або концентрація токсичних газів у повітрі приміщення сягне граничнодопустимої.

Приміщення конвертерного цеху категорії А повинні бути обладнані системами автоматичного протипожежного захисту, пожежною і охоронно-пожежною сигналізацією. Сповіщувачі протипожежної сигналізації повинні бути розміщені зовні біля входу у приміщення [59].

У приміщеннях конвертерного і розливного відділень (категорія А) все технологічне, електричне, вентиляційне, опалювальне обладнання і металеві трубопроводи повинні бути заземлені через з'єднання струмопровідними перемичками вздовж усієї цієї системи у безперервне електричне коло і через приєднання кожної системи не менше ніж у двох місцях до контурів заземлення електрообладнання і захисту від блискавки з додержанням вимог НПАОП 40.1-1.21-98 [60].

Блискавкозахист будівель і споруд конвертерного цеху передбачений відповідно до вимог чинних стандартів і в якості заземлюючих елементів в основному використовують залізобетонні фундаменти будівлі або споруди. В якості блискавковідводів використовують сталеву сітку, яка кріпиться на даху будівлі.

У конвертерному цеху передбачені шляхи евакуації з виробничої будівлі для забезпечення безпечної евакуації людей, що знаходяться в будівлі, у разі пожежі або аварії. Передбачено не менше двох евакуаційних виходів.

3 Пожежна безпека прокатного виробництва

У прокатних і трубних цехах є велика кількість пожежонебезпечних ділянок, а деякі допоміжні виробничі приміщення в них є вибухопожежонебезпечними.

У цехах гарячої прокатки виробляються **сляби і блюми, листовий і сортовий прокат**. Злитки, що надходять зі сталеплавильних цехів, проходять через **нагрівальні колодязі** та потім надходять на слябінг або блюмінг. Перед подальшою прокаткою сляби і блюми проходять машину вогневого зачищення або їх попередньо прохолоджують на складі, а потім зачищають різакми. Зачищений метал знову підігрівають і направляють на подальшу обробку: сляби на стан гарячої прокатки листа; блюми – на прокатний стан. Листовий метал після стану гарячої прокатки направляють у цех холодної прокатки для

подальшої прокатки або, після охолодження на складі гарячекатаних рулонів, на різання, упакування і відправлення споживачам. Блюми, після прокатки на заготовочному стані, ріжуть на мірні довжини, зачищають, нагрівають, а потім направляють на дрібносортні стани для прокатки на кутову, швелерну, круглу й ін. сталь [61].

Сучасні безперервні стани гарячої прокатки в ряді випадків не можуть забезпечити спеціальних вимог, які пред'являють до тонколистового металу, а саме: рівномірна товщина за шириною; гладка поверхня; високі механічні властивості. Для одержання листового металу з зазначеними властивостями його після гарячої прокатки направляють на подальшу обробку в цехи холодної прокатки.

У цехах холодної прокатки виготовляють тонколистовий метал, жерсть, оцинковані листи, листи з електротехнічних сталей та ін. Якщо цехи гарячої і холодної прокатки розташовані близько один до одного, то метал передають з першого цеху в другий по тунелю гарячекатаних рулонів. У цеху холодної прокатки на складі гарячекатаних рулонів метал остигає. Охолоджені рулони очищають від окалини в агрегатах безперервного травлення і подають на стан холодної прокатки, де одержують заданий по товщині метал. При холодній прокатці через рясне змочування масляною емульсією на поверхні металу утворюється жирова плівка, що видаляється після пропускання металу через агрегати електролітичного знежирення. Далі метал піддається термічній обробці (у відділенні **ковпакових печей**) і дресируванню (виправленню). Випрямлений метал ріжуть на мірні довжини, сортують, упаковують у дерев'яну або в м'яку тару та відправляють замовникові [61].

Пожежна і вибухова небезпека прокатного виробництва на підприємствах чорної металургії визначається наступними чинниками:

- наявністю широко розвиненої мережі кабельного господарства; •
- наявністю великої кількості масла в маслоподвалах (знаходяться резервуари для зберігання мастил, станції подачі технологічного мастила, насосноаккумуляторні станції для гідроприводів стану, станції густого мастила і інші агрегати маслохозяйства);
- наявністю мережі масляних гідроприводів, в яких постійно підтримується надлишковий тиск масла близько 20 МПа, зворотних маслопроводів, а також машин для промаслювання прокатої смуги перед змотуванням її в рулон;
- використанням горючих (вибухонебезпечних) газів в нагрівальних печах і колодязях, при різанні металу (крім того, вибухонебезпечний водень утворюється в травильних ваннах при обробці металу);
- використанням вибухонебезпечного захисного газу (воднево-азотній суміші) при відпалі металу в безокислюване середовище (для приготування захисного газу поблизу прокатного стану працює станція захисного газу, приміщення якої вибухонебезпечні);
- використанням вогнебезпечних лаків, фарб і інших горючих покриттів і вогнебезпечних розчинників при створенні антикорозійних, вологостійких, теплозахисних, декоративних і інших покриттів на виробі готового прокату;

- наявністю нагрітого металу на станах гарячої прокатки.

На безперервному тонколистовому стані основними джерелами виникнення пожеж є: газопроводи для транспортування газу до методичних печей, мастилонасоси та мастилопроводи, мастильні тунелі та підвали, трубопроводи для подачі кисню до машини вогневої зачистки, утворення горючого середовища унаслідок накопичення відпрацьованого мастила, електроустаткування.

Наявність великої кількості мастила на прокатних станах викликає необхідність установки в безпосередній близькості від станів стаціонарних або пересувних пінних вогнегасників.

Мастилопроводи повинні бути виконані з негорючих матеріалів. Вентиляційне устаткування тунелів та мастилопідвалів повинно автоматично відключатися у разі виникнення пожежі. Експлуатація мастилогосподарства та використання мастила повинні проводитися за умови незастосовності будь-яких джерел відкритого вогню, іскріння поблизу обладнання та мастилопідвалів.

Прокатне виробництво характеризується складністю і різноманітністю механічного устаткування, у зв'язку з чим у виробничому процесі мають місце небезпечні фізичні фактори (фізико-хімічні фактори є основними тільки при нагріванні металу перед прокаткою, вогневому зачищенню поверхні прокату та термообробці, холодній прокатці та нанесенні захисного покриття).

У прокатному виробництві для нагрівання злитків і заготівель перед прокаткою і для термічної обробки напівпродукту та готової продукції застосовують різні типи нагрівальних пристроїв.

Великі злитки перед прокаткою на блюмінгу чи слябінгу нагрівають у **рекуперативних нагрівальних колодязях** з різним напрямком полум'я. При розташуванні пальника в центрі подини полум'я спрямоване нагору. Вдаряючись об кришку колодязя, воно розтікається по її поверхні, омиває злитки зверху вниз, після чого димові гази ідуть через канали в нижній частині двох бокових стін. Таке розташування полум'я при недостатці повітря на горіння палива може привести до утворення вибухонебезпечних газоповітряних сумішей і їх вибуху при відкриванні кришки колодязя. В сучасних нагрівальних колодязях пальник розташований у верхній частині камери, унаслідок чого напрямок руху полум'я і газів, що відходять, зовсім інше: полум'я виходить з пальника у верхній частині, омиває злитки, вдаряючись об протилежну стінку камери, змінює напрямок, і продукти згоряння видаляються внизу також з однієї сторони. Тому у випадку недостатці повітря для горіння газу залишки палива підуть у лежаки («борова») та будуть викинуті через трубу в атмосферу, але вже в охолодженому виді. Таким чином, виключається можливість вибуху газів безпосередньо в робочій камері нагрівального колодязя [61].

Використання у нагрівальних пристроях прокатних цехів в якості палива суміші доменного, коксового та природного газів пов'язано з небезпекою утворення вибухонебезпечних сумішей та їх займання. **Джерелом займання вибухової суміші в прокатному цеху** є відкрите полум'я, електрична іскра, метал, що нагрівається і т.д. Вибухова суміш газів з повітрям зазвичай

утворюється при порівняно низьких температурах. Тому будь-яке потрапляння повітря в газ або газу в закритий простір з повітрям може призвести до утворення вибухонебезпечної суміші.

Трубопроводи, шланги для подачі природного газу, кисню, мазуту, повітря, масла повинні розташовуватися в місцях, що виключають можливість попадання на них гарячих предметів.

Значно підвищують пожежну безпеку процесу нагрівання злитків системи автоматизації нагрівальних колодязів, що регулюють температуру в колодязях і рекуператорах, необхідне співвідношення обсягів палива й повітря, тиск газів у камері, відключення газу при відкриванні кришок колодязя і переключення газових і повітряних клапанів. У багатозонних методичних печах, що застосовуються для нагрівання заготівель, напрямок потоку полум'я і продуктів згоряння протилежний напрямку руху металу. При недостатчі повітря для горіння палива виникає підсмоктування повітря через вікно й завантажувальний отвір. У випадку надлишкового тиску в печі відбувається згоряння газу поза робочим простором і вибивання полум'я з-під кришок вікон. Конструктивні особливості нагрівальних печей виключають імовірність вибуху газу в робочому просторі печі.

Значну небезпеку несе операція видалення шлаку з нагрівальних колодязів. З технологічної точки зору рідке шлаковидалення є більш кращим, однак воно не забезпечує повної безпеки цього процесу, тому що при цьому можливі екстремальні відхилення, що обумовлені наявністю розплавленого металу чи шлаку. Таким чином, небезпечними факторами процесу нагрівання злитків і заготівель є вибивання полум'я з-під кришок нагрівальних пристроїв, особливо при перекиданні клапанів регенеративних колодязів, виплески розплавленого шлаку і вибухи при контакті розплавленого шлаку з водою чи вологим матеріалом. Подача вихідних матеріалів від нагрівальних пристроїв до прокатних станів є в основному безпечною операцією. Однак при транспортуванні злитків з не застиглою серцевиною злитковозами до прийомного рольганга блюмінга чи слябінга можливі виплески рідкого металу. Ступінь пожежної небезпеки виробничого процесу при гарячій прокатці металу значно вищий, ніж при холодній, що порозумівається високою температурою металу, що прокочується.

З врахуванням великих площ прокатних і трубних цехів особлива увага при їх проектуванні повинна приділятися заходам щодо забезпечення безпечної експлуатації людей на випадок пожежі.

Питання до самоконтролю:

1. Що входить до складу агломераційної шихти.
2. Яка схема виробництва агломерату?
3. Охарактеризуйте пожежну безпеку агломераційного виробництва.
4. Опишіть технологію доменного виробництва.
5. Що є шихтою для виплавки чавуну в доменній печі?
6. Які основні причини пожеж у доменному виробництві?

7. Які пожежобезпечні матеріали використовують в конструкціях доменних печей?

8. Надайте характеристику пожежної небезпеки в газових комунікаціях.

9. Опишіть технологію виплавки сталі у кисневому конверторі.

10. Надайте характеристику пожежної небезпеки конверторного виробництва.

11. Надайте характеристику пожежної небезпеки прокатного виробництва.

12. Які джерела виникнення пожеж на тонколистовому прокатному стані?

13. В чому полягає небезпека операції видалення шлаку з нагрівальних колодязів?

ТЕМА 17. ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ТЕС. ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА АЕС

Мета вивчення теми

Ознайомитися з технологіями виробництва електроенергії на твердопаливних та атомних електростанціях, розглянути вимоги пожежної безпеки на АЕС та ТЕС.

План

1. Пожежна безпека теплових твердопаливних електростанцій.
2. Пожежна безпека атомних електростанцій.

Основні терміни

Електрична станція, теплова електростанція, буре вугілля, атомна енергетика, ядерний паливний цикл, реактор на збагаченому урані, киплячий реактор, водо-водяний енергетичний реактор, реактор з газоохолодженням, важководневий реактор.

1 Пожежна безпека теплових електростанцій

Для отримання електричної енергії використовують енергію води, вітру, Сонця та ін. Ці види енергії на електростанціях перетворюють на електричну енергію.

Електрична станція – енергетичне підприємство, на якому енергія природних джерел перетворюється в енергію електричного струму. Вироблена електроенергія видається споживачам через ряд електроустановок, на яких відбувається її подальше перетворення та розподіл. Електричний спосіб передачі і розподілу енергії є найбільш поширеним.

Назва електростанції походить від назви виду енергії, яку перетворюють на електричну. Наприклад, якщо перетворюють енергію води, то електростанцію називають гідро- або водяною електростанцією, якщо вітру, то – вітровою, якщо Сонця, то сонячною, якщо палива, то – тепловою тощо.

Сьогодні теплові електростанції (ТЕС) є одними з основних джерел вироблення електроенергії.

Теплова електростанція (ТЕС) – електростанція, в якій первинна енергія має хімічну форму і вивільняється шляхом спалювання вугілля, рідкого палива чи газу; на парових електростанціях (з паровими турбінами) у топці парового котла відбувається перетворення хімічної енергії палива в тепло газів – продуктів згоряння; це тепло передається теплоносію, пара з котла надходить до парової турбіни, де тепло перетворюється на кінетичну енергію обертання турбогенератора; відпрацьована в турбіні пара конденсується і віддає тепло охолоджувальній воді (наприклад, з річки).

Абсолютна більшість теплових електростанцій досі працюють на вугіллі, що пояснюється досить просто – запаси вугілля на Землі, як і раніше, величезні, тому частка ТЕС у загальному обсязі виробленої електроенергії становить близько 25 %.

Будова та принцип роботи вугільних теплових електростанцій.

ТЕС є складним енергетичним комплексом, що складається з будівель, споруд, енергетичного та іншого обладнання, трубопроводів, арматури, контрольно-вимірювальних приладів та автоматики [62].

До основних систем ТЕС відносяться:

- котельна установка;
- паротурбінна установка;
- паливне господарство;
- система золо- та шлаковидалення, очистки димових газів;
- електрична частина;
- технічне водопостачання (для відведення надлишкового тепла);
- система хімічної очистки та підготовки води.

Паливне господарство ТЕС має різний склад у залежності від основного палива, на яке розрахована станція. **Для вугільних електростанцій до паливного господарства входять:**

- пристрої для розморожування вугілля у на піввагонах;
- розвантажувальні пристрої (вагоноперекидачі);
- вугільний склад з пере завантажувальною машиною;
- подрібнювальна установка для подрібнення вугілля;
- конвеєри для транспортування вугілля;
- система аспірації, блокування та інші допоміжні системи;
- система пилоприготування, з кульовими, вальцевими чи молотковими розмелювальними млинами.

За практичними даними встановлено, що під час експлуатації котлів при порушенні нормального протікання технологічного процесу найчастіше відбуваються наступні події: пожежа, вибух, отруєння. За практичними даними встановлено, що найбільш часто відбуваються пожежі (рис.17.1).

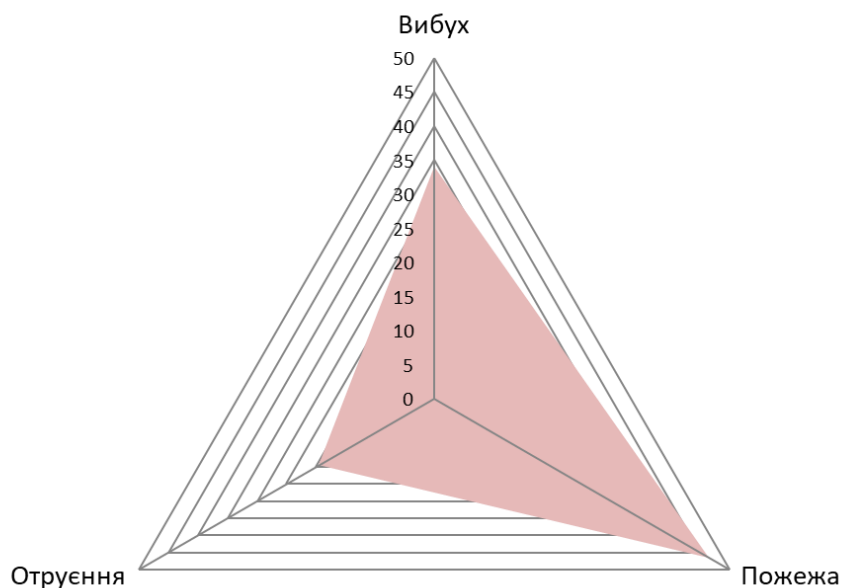


Рисунок 17.1 – Вірогідність подій під час експлуатації котлів

Аналіз аварій та пожеж на ТЕС показав, що **основними місцями виникнення пожеж є [62]:**

- основні виробничі приміщення та цехи;
- допоміжні приміщення виробництв;
- кабельні тунелі;
- приміщення котельної та інші.

Пожежна небезпека ТЕС обумовлюється наявністю великої кількості горючих речовин та матеріалів, значна кількість яких знаходиться в паливному господарстві електростанцій.

Найбільшу небезпеку становить виробництво електроенергії на ТЕС із застосуванням твердого палива, яке на електростанції проходить відповідну підготовку. Так, наприклад, підготовка твердого палива (вугілля) полягає в його подрібненні до пилу, який потім вентиляторами направляється по пилопроводах у бункери пилу. Потім пило-повітряна суміш нагнітається гарячим повітрям до печі котла, в якій відбувається її спалахування [63].

Буре вугілля – це однорідна маса бурого кольору без видимих домішок рослинних залишків. У якості палива на електростанціях використовуються землисте, лігнітне, щільне буре вугілля різних марок. Буре вугілля на 55-75% складається з вуглецю, а також з бітумінозних речовин. Густина становить 900-1500 кг/м³, теплота згоряння – 12550-25000 кДж/кг. Температура самоспалахування дорівнює 410 °С. Температура самонагрівання 50-65 °С, температура тління – 150-250 °С. Буре вугілля здатне до теплового та хімічного самозаймання.

На самозаймання вугілля впливають наступні фактори:

- вміст колчеданів, що поглинають кисень швидше, ніж вугілля;
- розміри кусків (в пилоподібному стані небезпека найбільша);
- вологість;
- температура повітря;

- тип та хімічний склад вугілля;
- умови зберігання вугілля.

Кам'яне вугілля за своєю хімічною зрілістю (ступенем метаморфізму) є різноманітним і поділяється на блискуче, напівблискуче та матове. Найбільш поширеним є вугілля з полосковою структурою (наявність у вугіллі шарів різного ступеня блиску).

Антрацити вважаються найбільш зрілим вугіллям. У порівнянні з кам'яним вугіллям вони більш блискучі, щільні та тверді. Дисперсність – 19 мкм. Температура самоспалахування аерозолу 670 °С, температура тління 300 °С, нижня концентраційна межа поширення полум'я 60 г/м³, максимальний тиск вибуху 860 кПа, максимальна швидкість зростання тиску 4,3 МПа/с. Тверде паливо (буре та кам'яне вугілля, торф) при зберіганні в штабелях може самозайматися.

Пил вугілля (крім антрациту та напівантрациту), сланцю, торфу, напівкоксу при зберіганні і транспортуванні також схильний до самозаймання. Здатність до самозаймання зростає при підвищенні температури. Але найбільшу небезпеку мають пило-повітряні суміші цих видів палива, які за визначених концентрацій є вибухонебезпечними. Нижня концентраційна межа поширення полум'я для більшості енергетичних палив (вугілля) становить 40-150 г/м³. За умов зменшення вологості повітря нижче 25 % небезпека вибуху зростає [63].

Основні фактори, що впливають на рівень вибуховості вугільного пилу: концентрація кисню в системі, температура суміші, вологість та зольність палива, концентрація пилу і розміри часток пилу.

Концентрація окисника є найбільш важливим фактором, що впливає на вибуховість вугільного пилу. З практики відомо, що зниження об'ємного вмісту кисню в апараті на 1-2 % значно зменшує небезпеку вибуху в пилових системах. Температура сушильного агента має також великий вплив на ймовірність виникнення вибуху в кульових барабанних млинах. З підвищенням температури сушильного агента вологість пилу зменшується, при цьому збільшується швидкість виділення летючих речовин. Головне те, що осілий пил краще висихає і виникає можливість для його займання, утворюються так звані осередки тління. Вологість вугільного пилу попереджує розвиток вибухів в основному у разі вмісту його на 4-6 % більше гігроскопічної вологості. Волога як інертна добавка збільшує теплоємність одиниці об'єму, в якому обертається пил, і в той же час вимагає значних витрат тепла на випаровування. Волога, що випаровується, знижує концентрацію кисню в аеросуміші, що зменшує інтенсивність вибуху. Зольність палива кожної марки вугілля практично не впливає на інтенсивність вибуху. Але в той же час її абсолютне значення самим безпосереднім чином впливає на вибуховість самих палив. Вугілля зольністю до 12-15 % на суху масу найбільш схильне до вибухів, а при збільшенні зольності до 32 % та більше вибуховість зменшується і вугільний пил дуже важко запалити.

Особливу небезпеку на ТЕС становлять бункери пилу великих розмірів, в яких виникають вибухи пило-повітряної суміші, причому великої руйнівної сили.

Основна причина вибухів – обвалення тліючих накопичень малорухливих відкладень пилу при спорожненні бункера. Дія захисних факторів, що перешкоджають розвитку вибуху в бункері незначна – вміст кисню в газовому середовищі над рівнем пилу вищий, ніж, наприклад, в циклоні, оскільки простір над вугільним пилом вентилується припливним повітрям через нещільності. Вибухонебезпечне середовище усередині системи пилоприготування може утворюватися при порушенні режиму її пуску та під час зупинки. При непрацюючій системі приготування вугільного пилу повітря надходить до апаратів, що може призвести до окислення можливих залишків осілого пилу. Пил осідає в апаратах через недостатню продувку системи перед зупинкою обладнання, а також в результаті наявності на внутрішніх стінках обладнання нерівностей та шорсткості [63].

Велику небезпеку в пилоприготувальному відділенні ТЕС становить система змащування кульового млина, що складається з рідкого та густого змащування. Система рідкого змащування призначена для змащування головних підшипників млина та його електродвигуна і здійснюється від однієї станції рідкого змащування на всі млини одного блока. В системі обертається 2,5 м³ машинного мастила марки «С» – горючої рідини з густиною 917,1 кг/м³, температурою спалаху 181 °С, температурою самоспалахування 385 °С, температурними межами поширення полум'я 163-210 °С.

Пожежна небезпека котельного відділення ТЕС характеризується наявністю факелів полум'я по форсунковому фронту апарата (від 12 до 24 форсунок). При розпалюванні в котлах температура згоряння палива становить близько 1300 °С, а при спалюванні мазутів – 1000 °С. Така температура значно перевищує температуру самоспалахування більшості горючих речовин та матеріалів. Крім того, відкрите полум'я форсунок має достатню запалюючу здатність як по запасу теплової енергії, так і по тривалості дії полум'я на горючу суміш.

Характерними причинами вибухів та пожеж в котельних відділеннях можуть бути: порушення режиму розпалювання печі та режиму роботи котлів; розгерметизація мазутопроводів, утворення пожежовибухонебезпечних пило- та паро- повітряних сумішей, відкладень сажі в конвекційних шахтах, повітропідігрівниках та газоходах котлів тощо. Пожежна небезпека машинної зали головного корпусу ТЕС обумовлюється пожежовибухонебезпечними властивостями та великою кількістю горючих масел у маслосистемах турбогенераторів, горючого газу водню, який використовується для охолодження генераторів та горючої ізоляції обмоток генератора, що контактують з високо нагрітими паропроводами. Найбільша кількість масла витрачається для змащення турбогенераторів і насосів. Так, наприклад, на гідроагрегати постійно подається до 1015 т масла. Для ущільнення, змащення та охолодження підшипників генераторів використовується частіше за все турбінне масло з температурою спалаху 180°С. Через те, що турбіни працюють при високих температурах, які можуть досягати температури самоспалахування масел, існує

небезпека виникнення пожежі. Також небезпечним є просочення ізоляції паропроводів маслами з наступним їх окисленням та самозайманням [63].

Для запобігання перегріву статора, ротора та інших частин генератора на ТЕС використовується система охолодження і вентиляції генераторів. Для охолодження генераторів використовують повітря, воду або водень. Повітряне охолодження є менш ефективним, бо повітря має малий коефіцієнт теплопровідності і значну густину, а також при електричних пробоях обмоток, коротких замкненнях, що супроводжуються підвищенням температури, появою іскор, виникає горіння, яке підсилюється з надходженням повітря. У порівнянні з повітряним охолодженням водневе охолодження є більш ефективним, бо теплопровідність водню у 7,2 рази вища за теплопровідність повітря, а густина – у 14 разів менша, ніж у повітря. Крім того, у чисто водневому середовищі горіння ізоляції обмоток неможливе. Водночас генератори з водневою системою охолодження, в яких може міститися до 70-75 м³ водню, становлять велику пожежну небезпеку. При проникненні повітря до корпусу турбогенератора або витоків водню із системи охолодження можуть утворюватися вибухонебезпечні суміші. Концентрація водню в суміші з повітрям від 4 до 75 % є вибухонебезпечною. Спалахування та вибух водню може також відбутися при його витоків під високим тиском через вузькі щілини та отвори або при появі іскор на шинах. Переваги над водневим охолодженням має водяне, тому, що тепловіддача води в 40-50 разів більша за тепловіддачу водню.

На практиці в гідрогенераторах використовують повітряне або водяне охолодження, а в турбогенераторах потужністю 25 МВт і вище – водень при надлишковому тиску 0,005-0,3 МПа [63].

Таким чином, до **основних причин пожежовибухонебезпеки турбогенераторів** слід віднести: використання великої кількості горючих речовин та матеріалів, підвищення тиску масла в системах регулювання, збільшення довжини мастилопроводів, ускладнення схеми регулювання і захисту, підвищення температури паропроводів, корпусу турбін тощо.

В електроустановці теплової електростанції використовується трансформаторне масло, що має досить низьку температурою спалаху – 135°C. Під впливом вологи, кисню повітря, сонячного світла, високих температур трансформаторне масло старіє, розкладається з утворенням смолистих речовин, які, у свою чергу, знижують його температуру спалаху та температуру самоспалахування.

Особливо небезпечним є виникнення електричної дуги в маслонаповненому апараті. За цих умов може відбутися розкладання масла на метан, водень, ацетилен, які з повітрям утворюють вибухонебезпечні суміші. Загоряння масла також може статися у разі його витоків і попаданні на гарячі ділянки паропроводів. Це може статися при руйнуванні або ослабленні через вібрацію масляних трубопроводів. На силових трансформаторах причиною виникнення горіння є внутрішні ушкодження, що виникають у результаті короткого замкнення, зносу і загоряння ізоляції, а також погіршення якості трансформаторного масла. При великій потужності короткого замкнення

(особливо між фазами) відбувається бурхливе виділення газів, що призводить до ушкодження корпусу і викиду масла назовні з його розливом і горінням на великій площі.

У розподільчих пристроях і підстанціях ТЕС пожежну небезпеку становить їх основне електричне обладнання: вимикачі, трансформатори, реактори, контрольно-вимірювальні прилади. Найбільш небезпечним є маслонаповнене електрообладнання – блокові трансформатори, масляні вимикачі. Так, наприклад, в блокових трансформаторах обертається від 35 до 74 тонн трансформаторного масла [63].

У масляних вимикачах можуть виникати розмикання контактів, при яких під впливом високої температури електричної дуги (понад 3000 °С) масло розкладається з виділенням горючих газів, в яких міститься до 70 % водню. Ці гази в маслі не горять, але в той же час небезпечним є утворення пожежовибухонебезпечних сумішей, що утворюються в результаті розкладання масла при його витоках через щілини в корпусі або в результаті дефектів гумових ущільнень.

Розглядаючи пожежну небезпеку теплових електростанцій, необхідно звернути увагу на **небезпеку кабельного господарства** даних об'єктів. Використання на ТЕС турбо- і гідрогенераторів потужністю 30 МВт і більше з більш жорсткими умовами їх експлуатації (висока температура, високий тиск, підвищена напруга) призвело до збільшення кількості горючих силових та контрольних кабелів. Майже всі кабелі, що використовуються на ТЕС, мають горючу ізоляцію (кабельний папір, полівінілхлорид, гума, мінеральні масла, поліетилен, джут тощо). Під час аварій, що супроводжуються розлітанням часток розплавленого металу, іскор та тепла при короткому замкненні, може статися загоряння горючої ізоляції, як пошкодженого, так і сусіднього кабелів. Пожежі в кабельних приміщеннях та спорудах характеризуються складністю обстановки при їх гасінні і мають тяжкі наслідки, бо призводять до припинення подачі електроенергії споживачам та промисловим об'єктам.

Джерелами запалювання на ТЕС можуть бути:

- високо нагріті поверхні паропроводів турбін;
- самозаймання промасленої ізоляції паропроводів;
- теплові прояви електричної енергії (електрична дуга, електричний пробій ізоляції, тощо);
- іскри під час роботи двигунів та при виконанні вогневих робіт;
- розжарені частки, іскри металів при виконанні ремонтних робіт тощо.

Швидкому поширенню пожежі на теплових електростанціях сприяє велика протяжність та складність системи трубопроводів, наявність кабельного господарства, горючих будівельних конструкцій, пластикових полімерних покриттів підлоги, стін, обладнання тощо. За умов розгерметизації технологічного обладнання пожежа буде швидко поширюватися по дзеркалу розлитих рідин (наприклад, масла) та в газоповітряних хмарах викидів технологічного обладнання. Небезпечним є поширення полум'я по вибухонебезпечній воднево-повітряній суміші. При цьому вогонь швидко

поширюється на інші установки та споруди по уламках, що розлітаються внаслідок вибуху [63].

Пожежна профілактика на теплових електростанціях. Відповідно до вимог нормативних документів забезпечення пожежної безпеки ТЕС досягається постійним контролем та недопущенням утворення пожежовибухонебезпечних сумішей, попередженням появи джерел запалювання та запобіганням поширення пожежі у разі її виникнення.

До основних заходів запобігання утворення горючого середовища на ТЕС відносяться:

- контроль за концентрацією горючого пилу в приміщеннях підготовки палива (вугілля), яка не повинна перевищувати 10 мг/м^3 ;
- захист котлоагрегатів запобіжними клапанами;
- контроль ступеня чистоти водню (95-98 %) у водневих системах охолодження турбін;
- контроль за витоками водню до баків турбін та наявність водню контролюють за допомогою газоаналізаторів;
- контроль рівня та якості масла в масляних вимикачах;
- захист трансформаторів від підвищеного тиску при внутрішніх пошкодженнях запобіжною трубою з мембраною та ін.

Профілактика виникнення джерел запалювання при експлуатації теплових електростанцій:

- контроль за температурою палива в штабелях, що не повинна перевищувати $64 \text{ }^\circ\text{C}$;
- захист топків котлів на пилоподібному паливі автоматичними пристроями підхоплення полум'я із сигналізацією;
- влаштування теплоізоляції металевих бункерів для пилу з негорючих матеріалів;
- контроль за температурою пилу в бункерах за допомогою термометрів чи термопар;
- контроль за місцями можливого відкладення і загоряння сажі;
- контроль за температурою поверхонь з можливими відкладеннями сажі;
- надійна ізоляції гарячих поверхонь турбоустановок та паропроводів;
- заборона проведення вогневих ремонтних робіт на обладнанні газомасляної системи, що містить водень;
- використання в приміщеннях з наявністю водню світильників у вибухозахищеному виконанні тощо.

Запобігання поширення пожежі на теплових електростанціях досягається наступними заходами [63]:

- розташування насосних мазуто- та маслогосподарства ТЕС в окремих будівлях або в одній будівлі з протипожежною стіною;
- влаштування аварійного зливу масла в спеціальні ємності;
- відстань від наземних баків з маслом до будівель і споруд повинна бути не меншою 20 м ;

- влаштування під маслonaповненому обладнання ємностей, піддонів, огорожень (на відкритих розподільчих пристроях обвалування засипають чистим гравієм, промитим щебнем);

- для гасіння тліючого пилю використовують насичену водяну пару, а для гасіння гідрогенераторів з водневим охолодженням – вуглекислий газ.

Отже, виробництво електроенергії є складним і небезпечним процесом, безпека якого перш за все залежить від способів та особливостей виробництва електроенергії, що і обумовлює вибір систем протипожежного захисту електростанцій.

2 Пожежна безпека атомних електростанцій

Атомна енергетика – галузь енергетики, що використовує ядерну енергію для електрифікації і теплофікації; галузь науки і техніки, що розробляє методи і засоби перетворення ядерної енергії в електричну і теплову.

Перевагами ядерної енергетики перед енергетикою інших видів є велика теплотворна здатність ядерного палива (у 2 млн разів більша, ніж нафти, і в 3 млн разів більша, ніж вугілля), кращі економічні показники, менше забруднення довкілля. До того ж відпадає потреба використовувати кисень, якого на енергетичні потреби спалюється в 5 раз більше, ніж його споживають усі живі істоти. Крім того, запаси ядерного пального (якщо їх повністю використати) приблизно в 20 разів перевищують запаси органічного палива всіх видів.

Основа ядерної енергетики – **атомні електростанції**, які забезпечують близько 6 % світового виробництва енергії та 13-14 % електроенергії.

Існують різні типи паливних циклів, які залежать від типу реактора й від того, як відбувається кінцева стадія циклу.

Ядерний паливний цикл. Уран добувається, збагачується і виготовляється ядерне паливо, яке постачають на АЕС. Після використання відпрацьоване паливо відвозиться на завод з переробки ядерних відходів або остаточно захоронюється на постійне зберігання у безпечне місце.

Зазвичай паливний цикл складається з таких етапів. У копальнях видобувається уранова руда. Вона подрібнюється для відділення діоксиду урану. Отриманий оксид урану (жовтий кек) перетворюють у гексафторид урану – газоподібна сполука. Для підвищення концентрації урану-235 гексафторид урану збагачують на заводах з розділення ізоотопів. Потім збагачений уран знову перетворюють у твердий діоксид урану, з якого виготовляють паливні таблетки. З таблеток збирають тепловидільні елементи (твели), які об'єднують в збірки для завантаження в активну зону ядерного реактора АЕС. Вивантажене із реактора відпрацьоване паливо має високий рівень радіації і після охолодження на території електростанції (басейн витримки) відправляється в спеціальне сховище. Передбачається також видалення відходів із низьким рівнем радіації, що накопичуються в ході експлуатації і технічного обслуговування станції. Після закінчення терміну служби і сам реактор повинен бути виведений з експлуатації

(з дезактивацією та утилізацією вузлів реактора). Кожен етап паливного циклу регламентується так, щоб забезпечувалися безпека людей і захист довкілля.

В атомній енергетиці домінують три основні **типи реакторів**, що розрізняються, головним чином, паливом, теплоносієм (який застосовується для підтримки потрібної температури активної зони) і сповільнювачем (використовується для зниження швидкості нейтронів, що виділяються в процесі розпаду і необхідні для підтримки ланцюгової реакції).

Серед них найбільш поширений тип – це **реактор на збагаченому урані**, у якому і теплоносієм, і сповільнювачем є звичайна, або «легка», вода (легководний реактор). Існують два основні різновиди легководного реактора: реактор, у якому пара, яка обертає турбіни, утворюється безпосередньо в активній зоні (**киплячий реактор**), і реактор, у якому пара утворюється у зовнішньому, або другому, контурі, який пов'язаний з першим контуром теплообмінниками і парогенераторами (**водо-водяний енергетичний реактор (ВВЕР)**).

Другий тип реактора, який знайшов практичне застосування, – **реактор з газоохолодженням** (з графітовим сповільнювачем).

Третій тип реактора – це реактор, у якому і теплоносієм, і сповільнювачем є важка вода (**важководневий реактор**), а паливом слугує також природний уран.

Аналіз аварій та аварійних ситуацій на атомних електростанціях.

Аварії на підприємствах ядерної енергетики вважаються найбільш небезпечними для людини і навколишнього с рії, пожежі та вибухи, що сталися на атомних станціях як в Україні, так і у світі. Аварії на АЕС відрізняються від звичайних ТЕС тим, що результатом їх може бути викид до навколишнього середовища значної кількості радіоактивних речовин. Під час реакції поділу ядер утворюється велика кількість радіоактивних продуктів, основна кількість яких (98 %) до тих пір, поки працює реактор, залишається в активній зоні. Тільки радіоактивні гази ксенон та криптон, що не вступають у хімічну реакцію, можуть надходити до атмосфери. Вони несуть меншу загрозу для населення у порівнянні з іншими радіоактивними ізотопами. Інші радіоактивні продукти виділяються після видалення відпрацьованих тепловидільних елементів (ТВЕЛ). Для нерегламентованого викиду радіоактивних речовин за межі активної зони остання повинна бути сильно нагріта і значною мірою пошкоджена, а оболонки ТВЕЛів розгерметизовані. Перегрів зони може статися у випадку, коли інтенсивність тепловиділення в ній перевищує інтенсивність тепловідведення. Це буває під час аварій з втратою теплоносія першого контуру або під час перехідних процесів, наприклад, у випадку збільшення потужності реактора. Кожний перехідний процес може бути або очікуваним (ймовірним), або неочікуваним. З очікуваними (проектними) аваріями система безпеки станції справляється [63].

Аварія на четвертому блоці Чорнобильської АЕС [63].

26 квітня 1986 року о 00 годині 23 хвилини відбулася глобальна трансгранична за масштабами аварія четвертого блока потужністю 1 млн. кВт. на

Чорнобильській АЕС в період зупинки його на плановий середній ремонт (вступив у дію в грудні 1983 року). Керівництво АЕС прийняло рішення провести експеримент щодо можливості використання механічної роботи двигуна турбогенератора №8 (після відключення його від пари) для енергозабезпечення особистих потреб реактора в умовах його знеструмлення. Експеримент, як показало розслідування, не був належним чином підготовлений. Розглянемо, які події відбувалися напередодні аварії 25 квітня 1986 року.

О 01 годині 00 хвилин 25 квітня 1986 року персонал станції приступив до зниження потужності реактора №4, що працював за номінальними параметрами.

13 годин 00 хвилин-13 годин – 30 хвилин. Турбогенератор №7 був вимкнений від мережі. Електричне живлення особистих потреб блока (чотири головних циркуляційних насоси, два живильних електричних насоси та інше) було переведене на шини турбогенератора №8, що залишився у роботі. Теплове навантаження складало 1600 МВт (50 % від номінального). Запас реактивності (кількість стрижнів-поглиначів, що були спущені до активної зони) складав 30 стрижнів. Відповідно до регламенту максимально допустимі втрати реактивності у перехідному процесі повинні складати неменше ніж 15 стрижнів. Відповідно до регламенту, що діяв на той час, під час зниження запасу реактивності до 30 стрижнів можна було працювати з дозволу головного інженера станції, а за умови зниження запасу до 15 стрижнів необхідно заглушити реактор.

14 годин 00 хвилин. Згідно з програмою випробувань була вимкнена система аварійного охолодження реактора, щоб не допустити можливого теплового удару при надходженні холодної води до гарячого реактора. За вимогою диспетчера Київенерго через дефіцит потужності в системі об'єднаного диспетчерського управління подальше зниження потужності реактора було призупинено. Експлуатація четвертого енергоблока в цей час продовжувалась із вимкненою системою аварійного охолодження реактора, що не дозволялось технологічним регламентом.

23 година 10 хвилин. Після отримання дозволу на зупинку реактора, продовжено зниження його потужності. Згідно з програмою випробувань вибіг ротора генератора передбачалось здійснити за потужністю реактора 700-1000 МВт (такий вибіг необхідно здійснювати на момент зупинки реактора, бо за максимальної проектної аварії аварійний захист реактора зупиняє апарат). Але був вибраний інший шлях – продовжити експеримент за умов працюючого реактора. Зміна, що заступила о 24 годині 00 хвилин, прийняла реактор на низькій потужності 700 МВт (теплових). Зменшення потужності через отруєння ксеноном призводить до зниження запасу реактивності. Згідно регламенту на такій потужності необхідно було переключити систему з локального автоматичного регулятора на загальний автоматичний регулятор. Але через неправильні дії оператора потужність реактора зменшилась, майже, до нуля (30 МВт (тепл.)). За такої малої потужності інтенсивність отруєння реактора продуктами розкладання (ксеноном, йодом) різко зростає.

01 година 00 хвилин. Персоналу вдається підняти потужність реактора та стабілізувати її на рівні 200 МВт (теплових) замість 700-1000 МВт, що

передбачено програмою випробувань. Виведення реактора на потужність здійснюється шляхом ручного виведення стрижнів-поглиначів з активної зони. Запас реактивності був аварійний, але з порушенням вимог регламенту робота продовжувалася. Через малий запас реактивності персоналу не вдалося підняти потужність до 700 МВт. Тривала робота реактора за потужністю меншою 700 МВт (теплових) регламентом не дозволяється, бо за цим режимом невеликі зміни потужності призводять до великих змін в об'ємі пари. За цих умов ускладнюється управління потужністю та витратою живильної води. Виведення великої кількості регулюючих стрижнів на низькому рівні потужності (200 МВт) одночасно створило умови, які збільшили нестабільність роботи реактора та знизили ефективність системи захисту. Чим менший запас реактивності, тим більше чутливим стає реактор до змін в перерозподілі пари в активній зоні.

За потужності реактора нижчою 20 % від номінальної, реактор потрапляє до режиму, коли підвищення потужності призводить до підвищення реактивності і, як наслідок, до подальшого підвищення потужності реактора. За номінального режиму (потужність більша за номінальну на 20 %) такий ефект відсутній. Реактор продовжував працювати на рівні потужності 200 МВт, яка була забороненою для його тривалої експлуатації. Це було серйозним порушенням, але ще не достатнім, щоб викликати аварію.

01 година 07 хвилин. До шести працюючих головних циркуляційних насосів (ГЦН) додатково підключають ще два з метою надійного охолодження активної зони після закінчення експерименту. Слід відмітити, що гідравлічний опір активної зони залежить від потужності реактора. А оскільки потужність реактора була малою, гідравлічний опір активної зони також був низьким. У роботі знаходилося вісім насосів, сумарна витрата води через реактор зросла до 60 тисяч куб. м. за годину за нормою 45 тисяч м³, що було грубим порушенням регламенту експлуатації. За такого режиму насоси можуть зірвати подачу, можливе виникнення вібрації трубопроводів контуру через закипання води із сильними гідроударами. Щоб запобігти зупинки реактора через значні коливання тиску та рівня води в барабанах-сепараторах, персонал відключив аварійний захист по тиску і рівню води.

01 година 20 хвилин. В результаті ксенонового отруєння стрижні автоматичного регулювання вийшли майже до положення верхніх кінцевих вимикачів. Щоб не допустити вимкнення автоматичного регулятора та утримати його у зоні регулювання, оператору прийшлося додатково інтенсивно виймати стрижні поглиначі, запас реактивності став ще меншим. Унаслідок підключення двох додаткових ГЦН рівень води в барабанах-сепараторах почав зменшуватися, зменшилось і пароутворення теплоносія в активній зоні реактора. Для його підтримання оператор різко збільшує подачу живильної води до реактора. Унаслідок цього технологічні канали заповнились водою по всій висоті активної зони, а парова фаза зайняла верхню частину каналу на ділянці 1,5-2 метри зверху від активної зони.

01 година 22 хвилини 30 секунд. В активній зоні знаходились 6-8 стрижнів-поглиначів замість 30-ти необхідних. Після досягнення номінального рівня води

в барабанах-сепараторах оператор різко знизив витрату живильної води (практично до нуля). Реактор почав збільшувати потужність. Зниження витрати живильної води призвело до підвищення температури води на вході циркуляційного насоса. Діючий регулятор не зміг зупинити збільшення потужності. Відбувся автоматичний перехід на резервний регулятор, який також починає рух стрижнів до зони, але ефективність стрижнів-регуляторів не збільшилась.

В цій ситуації завданням оператора було «допомогти» регулятору подавити потужність реактора, що збільшувалася, шляхом введення до активної зони стрижнів. Але, мабуть, вибір стрижнів для цього був невдалим. За вдалого вибору стрижнів, їх швидкого уведення до зони (по чотири чи по два) можна було б зупинити підвищення потужності та попередити аварію навіть на цей момент.

01 година 23 хвилини 04 секунди. Закрито подачу пари до турбіни. Почався режим вибігу. Одночасно були вимкнені сьомий та восьмий турбогенератори, що не дозволило спрацювати ще одній системі захисту – зупинці реактора після вимкнення останнього працюючого генератора. Аварійний захист реактора був заблокований персоналом, щоб мати можливість повторити випробування, якщо перша спроба виявиться невдалою. Оскільки з кожного боку контуру охолодження реактора два насоси живились від турбогенератора, що проходив випробування, то у процесі випробувань витрата води через реактор стала зменшуватися, підвищилось пароутворення, а це сприяло прискоренню зростання потужності. За підвищення потужності реактора виникає криза тепловіддачі, руйнуються паливні ядерні касети, бурхливо закипає теплоносій, до якого вже потрапили частинки зруйнованого палива, різко підвищується тиск в технологічних каналах і вони починають руйнуватися. За різкого підвищення тиску в реакторі закриваються зворотні клапани головних циркуляційних насосів і повністю зупиняється подача води через активну зону. Пароутворення зростає. Тиск підвищується із швидкістю 15 атм. за секунду.

01 година 23 хвилини 40 секунд. Начальник зміни, зрозумівши небезпеку ситуації, що виникла, дав команду заглушити реактор кнопкою аварійного захисту. Потужність реактора на цей момент становила 500 МВт (теплових). Стрижні управління та захисту пішли до активної зони, але дійшли лише до 3-3,5 м. Під час руху поглиначів униз (до активної зони) густина нейтронів за висотою реактора перерозподіляється – збільшується у нижній частині та зменшується у верхній. Оскільки процес виштовхування стрижнів управління конструктивно виконаний не за всією висотою активної зони, а канал у верхній та нижній частинах зайнятий водою, під час руху стрижня униз ефект зменшення поглинання нейтронів нижнім стовпом води перевищує ефект поглинання нейтронів стрижнем. Особливо важливим цей ефект стає тоді, коли із активної зони виведена велика кількість стрижнів. Все це призвело до збільшення реактивності та раптового збільшення потужності (реактор набув некерованого режиму роботи). У цей момент відбувається масове руйнування технологічних каналів і в активній зоні реактора відбувається бурхлива парацирконієва й інші хімічні та екзотермічні реакції з утворенням водню і кисню, тобто вибухової

суміші Одночасно стався потужний паровий викид – спрацювали головні запобіжні клапани реактора. Але викид тривав недовго, клапани не спроможні були справитися з таким тиском та витратою і зруйнувалися. У цей же час великим тиском відірвало нижні водяні та верхні пароводяні комунікації. Реактор зверху отримав вільне сполучення з центральним залом та приміщеннями барабан-сепараторів, а знизу – з міцним, щільним боксом, який за проектом був передбачений для локалізації граничної ядерної аварії. На момент цієї аварії даний бокс став величезною ємністю, де почав накопичуватися вибухонебезпечний газ.

01 година 23 хвилини 58 секунд. Концентрація водню у вибуховій суміші у різних приміщеннях блока стала вибухонебезпечною. Реактор та будівля четвертого енергетичного блока були зруйновані серією потужних вибухів. Вибух активної зони ЯР призвів до повного руйнування активної зони реактора, викиду у навколишнє середовище величезної радіоактивності, загоряння графітової кладки реактора і будівельних конструкцій, включаючи дах машинного залу і реакторного енергоблока.

На момент аварії на ЧАЕС у паливному завантаженні активної зони містилось близько 680 кг напрацьованих в реакторі трансуранових елементів та близько 350 кг радіоактивних продуктів розподілу сумарною активністю понад 5700 МКи. У результаті радіаційного опромінення під час аварії загинули 26 чоловік. Сумарний збиток від аварії оцінюється в 170-215 млрд. доларів. Але оцінити збитки, що нанесені Україні і всьому людству, практично неможливо.

Радіаційна обстановка, що виникла внаслідок аварії, визначалась викидом з активної зони паливного завантаження, що перетворилось у неконтрольоване джерело іонізуючих випромінювань та глобального радіоактивного забруднення. Відомо, що суттєве радіоактивне забруднення, окрім країн СНД, спостерігалось в країнах Східної Європи, Швеції, Італії, Ірландії, Норвегії, Фінляндії, Греції, Туреччини, Ізраїлю. Загальний об'єм викиду близько 450 типів різноманітних радіонуклідів оцінюється в десятки тисяч Хіросім. Сумарна активність аварійних викидів оцінюється приблизно в 500 МКи.

Японський вчений М. Танока, директор Національного центру з досліджень в галузі атомної енергетики, відмітив, що унаслідок вибуху атомної бомби над Хіросімою сумарний викид радіоактивності склав 0,74 кг, а під час аварії на ЧАЕС – 63 кг. Шляхами поширення радіоактивних речовин через навколишнє середовище до людини стали рухомі повітряні та водяні середовища. Але на майданчику ЧАЕС радіаційна обстановка в 1986 році визначалась також прямим випромінюванням від блоку та від поверхні землі, забрудненої в період активної стадії аварії. Через високу активність та радіаційні поля накопичення відпрацьованого ядерного палива та фрагментів активної зони не піддавались контролю. Зараз і ще на десятки років основним джерелом зовнішнього опромінення є і буде ^{137}Cs у випадках на ґрунт, а внутрішнього - ^{137}Cs та ^{90}Sr у продуктах харчування, що виробляються на забруднених цими радіонуклідами територіях.

Пожежна небезпека під час аварії на ЧАЕС визначалась великою кількістю горючого матеріалу без засобів виявлення та ліквідації пожежі. Тому одним із першочергових заходів по покращенню радіаційної обстановки стало створення додаткового захисту – укриття території та завалів на підступах до блока біозахистом. І сьогодні ще розглядаються та уточнюються причини аварії на ЧАЕС. Однією з причин аварії та руйнування центрального залу 4-го енергоблоку вважають виникнення ударної хвилі в результаті вибухового випаровування частини палива активної зони реактора, що вийшла із шахти і вибухнула в центральному залі в результаті розігріву через вибіг реактивності на висоті 14 м. Іншими словами, однією із версій руйнування центральної зали стала самочинна ланцюгова реакція, що має місце при ядерному вибуху, внаслідок якого паливо випарувалось, а температура фронту вибухової хвилі перевищила 7000 °С [63].

Більш ймовірною причиною руйнування центрального залу 4-го енергоблоку ЧАЕС вважають вибух водню, що утворився в результаті парацирконієвої реакції усередині активної зони після руйнування оболонок твелів та контактування ядерного палива з теплоносієм.

До конструктивних причин аварій слід віднести:

1. Позитивний паровий коефіцієнт реактивності. Під час збільшення вмісту пари у активній зоні коефіцієнт розмноження реактора підвищується (тим більший за абсолютним значенням, чим нижчий рівень потужності). За цим режимом будь-яке збільшення потужності призводить до підвищення пароутворення, збільшується коефіцієнт розмноження k , отже, відбувається подальше підвищення потужності. Реактор розганяється. За номінальною потужністю реактора це явище не спостерігається.

2. Неєфективний аварійний захист через недоробки конструкції органів регулювання за малого рівня потужності та низького запасу реактивності (мала кількість поглиначів у активній зоні). На початку введення поглиначів з використанням аварійного захисту коефіцієнт розмноження став збільшуватися, а не зменшуватися. Цього ефекту можна було б уникнути, якщо б у конструкції реактора були передбачені стрижні-поглиначі, які вводяться до активної зони знизу вверх.

Сьогодні на всіх реакторах типу РВПК виконана відповідна реконструкція з вилучення всіх недоліків, що вказані вище. В реакторах типу ВВЕР таких недоліків немає. Але, як відомо, безвідмовної складної технології не буває. Тому атомні електростанції залишаються техногенно-небезпечними об'єктами, про що свідчить статистика аварій, що виникли на даних об'єктах, та їх наслідків.

Пожежна небезпека атомних електростанцій [63].

На рівень пожежної небезпеки АЕС впливають такі фактори, як стан протипожежного нормування на момент проектування і будівництва АЕС, проектні помилки, будівельні недоробки, прорахунки в процесі експлуатації, надійність систем пожежної автоматики, підготовка обслуговуючого персоналу до профілактики загорянь і дій при їхньому виявленні тощо.

Основними ж факторами, що обумовлюють рівень пожежної небезпеки АЕС, є:

- наявність великої кількості горючих речовин та матеріалів;
- надзвичайна уразливість атомного реактора під час пожежі (навіть незначна пожежа може привести до неконтрольованого виходу радіоактивних речовин);
- вибухове розкладання деяких матеріалів при взаємодії з водою.

Підвищену пожежну небезпеку АЕС створюють великі кількості горючих трансформаторних, турбінних мастил (приблизно 100 т), що експлуатуються в умовах високих температур (до 200 °С), які можуть перевищувати їх температуру самоспалахування, ізоляція електричних кабелів, водневі системи охолодження реакторів, а також рідкометалеві теплоносії і пірофорні сполуки, що використовуються в деяких реакторах і схильні до самозаймання при контакті з водою.

Пожежна небезпека горючих речовин і матеріалів, що використовуються на АЕС.

Водень – газ без кольору та запаху з густиною 0,09 г/л при тиску 101,3 кПа та температурі 0 °С, в 14 разів легший за повітря (є самою легкою речовиною на Землі). При звичайних температурах дуже стійкий. Реагує з киснем (горить майже невидимим полум'ям) та з хлором. Суміші водню з повітрям, киснем та хлором -вибухонебезпечні. Область спалахування 4-75 %, мінімальна енергія запалювання 0,02 мДж, температура самоспалахування – 783 К, нормальна швидкість поширення полум'я – 2,7 м/с.

Поширення полум'я по воднево-повітряній суміші може відбуватися, якщо об'ємна частка водню у суміші знаходиться у межах 4-75 %. За вмісту водню в суміші понад 10 % він згорає повністю. Місцями аварійного виходу та вибуху водню на АЕС можуть бути: реакторне відділення, машинний зал, електролізна, акумуляторна. Основними джерелами появи водню в реакторному відділенні з реакторами типів ВВЕР та РВПК є радіоліз води та парацирконієва реакція в аварійному режимі, які пов'язані з утратою теплоносія. При поглинанні енергії випромінювання молекули води розкладаються в результаті первинних та вторинних реакцій радіолізу:



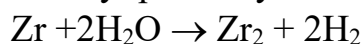
Такі реакції відбуваються з водою, як у межах випромінювання активної зони реактора при аварії системи охолодження, так і у відстійнику, де випромінювання створюється в результаті виділення продуктів розпаду. Такі ж реакції можуть відбуватися і в басейні витримки тепловиділяючих збірок.

Парацирконієва реакція (взаємодія цирконію з водою) відбувається усередині активної зони після руйнування оболонок тепловидільних елементів та контактування ядерного палива з теплоносієм.

Тепловидільний елемент (ТВЕЛ) – головний конструктивний елемент активної зони ядерного реактора, в якому знаходиться ядерне паливо.

У результаті такого контакту різко підвищується температура усередині цирконієвих технологічних каналів, що і призводить до такої реакції.

Пароцирконієва реакція також супроводжується виділенням водню:



Додатково може виділятися водень і при взаємодії води з металевими поверхнями (цинковими, алюмінієвими) у захисній оболонці. У реакторних відділеннях з реакторами типу ШН утворення водню може відбуватися в результаті взаємодії натрію з водою.

Таким чином, за даних умов аварії водень з киснем може утворити вибухопожежонебезпечні суміші, які, в першу чергу, накопичуються і горять у просторі під «ковпаком» захисної оболонки. Характер горіння водню залежить від багатьох факторів, у тому числі і від загальної і локальної концентрації водню під оболонкою та від наявності джерел запалювання. Якщо водень спалахує до його перемішування із середовищем, що заповнює об'єм захисної оболонки, то буде мати місце дифузійне горіння; якщо запалювання відбудеться після повного перемішування водню з атмосферою оболонки і його концентрація буде перевищувати нижню концентраційну межу поширення полум'я водню (4 – 9 %), тоді буде мати місце горіння без вибуху. Через те, що під захисною оболонкою можуть бути джерела запалювання, то найбільш ймовірним є поступове горіння водню. Але, якщо водень накопичується у таких кількостях, концентрація яких перевищує нижню детонаційну межу (18,2 % для водневоповітряної суміші), тоді його горіння може закінчитися детонацією [63].

Збільшення тиску внаслідок тільки однієї реакції горіння водню недостатньо для того, щоб зруйнувати захисну оболонку. Але у поєднанні з іншими причинами підвищення тиску, що з'являються в результаті тих чи інших аварій, воно становить небезпеку. Так, горіння водню може зіграти вирішальну роль у руйнуванні або прискоренні руйнування захисної оболонки під час аварії, пов'язаної з розривом головного циркуляційного трубопроводу реактора, а також при аварії з повною втратою електроживлення і супутньому відмовленні активних пристроїв безпеки.

Небезпечним також є утворення горючого оксиду вуглецю, що утворюється при взаємодії розплаву речовини активної зони, що виходить за межі корпусу, з бетоном.

У машинній залі АЕС витіки водню та його спалахування від іскор електротехнічних пристроїв або інших джерел відкритого вогню можуть статися на випадок розгерметизації сальників генератора.

Причиною руйнування корпусу реактора та захисної оболонки також може стати паровий вибух, який характеризується значним зростанням тиску при інтенсивному пароутворенні. Паровий вибух може відбутися при визначеній концентрації та температурі суміші і здатний створити ударну хвилю, яка призводить до руйнації нижньої частини корпусу з утворенням уламків або всього корпусу. При цьому уламки, що розлітаються із швидкістю кулі, руйнують сферичну кришку корпусу або вибивають керуючі стрижні, які, у свою чергу, можуть зруйнувати захист АЕС.

Натрій – найбільш пожежонебезпечний матеріал, що використовується на АЕС у великих об'ємах в якості теплоносія.

Натрій має високу хімічну активність, при його горінні виділяється велика кількість тепла, що приводить до підвищення температури та тиску в приміщеннях. Температура горіння натрію становить близько 900 °С, температура самоспалахування в кисні – 118 °С, температура самоспалахування в повітрі – 330-360 °С. При згорянні натрію в надлишку кисню утворюється перекис Na_2O_2 , що з легкозаймистими речовинами (порошками алюмінію, сіркою, вугіллям тощо) реагує дуже енергійно, іноді з вибухом. Реакція з водою починається при температурі мінус 98 °С з виділенням водню. Під час горіння натрію в воді, що розлилася на підлозі (за даними експериментальних досліджень), температура на поверхні горіння досягає 750-850 °С.

Пожежі на АЕС з реакторами на швидких нейтронах, що супроводжуються горінням натрію, характеризуються ушкодженням та руйнацією будівельних і технологічних конструкцій внаслідок теплового впливу.

Однією з найбільш поширених причин виникнення пожеж та загорянь на АЕС є загоряння нафтових та турбінних масел, на яких працюють турбогенератори, насоси та інше технологічне обладнання електростанцій. В якості масел на АЕС використовуються горючі нафтові масла і частіше – менш горючі турбінні мастила типу ВМТІ (вогнестійкі мастила турбіни) з температурою спалаху більшою 240 °С та температурою самоспалахування більшою 350 °С (температура спалаху для нафтових масел становить 190 °С). У звичайному режимі турбіни працюють при температурі свіжої пари 275 °С, що значно нижча за температуру самоспалахування масел, але загроза виникнення пожежі настає за умов просочення ізоляції паропроводів маслами з наступним їх окисленням та самозайманням. Частіше за все загоряння масел відбувається при попаданні його на гарячі ділянки паропроводів під час руйнування або ослаблення через вібрацію масляних трубопроводів.

Рівень пожежовибухонебезпеки турбогенераторів підвищується за рахунок [63]:

- підвищення тиску масла в системах регулювання;
- збільшення довжини маслопроводів;
- ускладнення схеми регулювання і захисту;
- підвищення температури паропроводів, корпусу турбіни і парових клапанів;
- використання водню в системі охолодження генератора.

На силових трансформаторах причиною загоряння масла є внутрішні ушкодження в результаті короткого замкнення, зносу і загоряння ізоляції, а також погіршення якості трансформаторного масла. Через велику потужність короткого замикання (особливо між фазами) відбувається бурхливе виділення газів, що приводить до ушкодження корпусу і викиду масла назовні з розливом та загорянням масла на великі площі.

Пожежна небезпека кабелів [63]. Практика показує, що більшість пожеж, що виникають на електростанціях, відбувається в кабельному господарстві. Така

ситуація обумовлюється підвищеною концентрацією горючих електричних кабелів на одиниці об'єму кабельних споруд, що призводить до значного зростання пожежного навантаження і ризику виникнення пожежі. У порівнянні з іншими тепловими електростанціями, довжина кабельних ліній на АЕС більша у 2,5-3 рази, що обумовлюється складністю технологічних процесів. Кабелі і кабельні вироби на АЕС працюють в жорстких умовах: температура навколишнього середовища - до 333 °С; відносна вологість повітря – в межах 20-100 %; тиск – до 100 кПа; інтенсивність випромінювання – 0,1 М.

У залежності від умов та вимог до експлуатації, кабельні вироби, що використовуються на АЕС, поділяються на дві групи: кабелі для прокладки в кабельних спорудах і технологічних приміщеннях; кабелі спеціального призначення для роботи в гермозонах реакторних відділень АЕС із впливом спеціальних факторів у процесі експлуатації (опромінення, підвищений тиск і температура, вплив хімічних речовин).

Найбільшу пожежну небезпеку становлять кабелі з полівінілхлоридним ізоляційним покриттям. У процесі горіння полівінілхлоридний пластикат виділяє у великих кількостях хлористий водень та токсичні гази (оксид вуглецю), що утруднює гасіння пожежі. Крім вищезазначених речовин та матеріалів, на АЕС використовуються також уран, плутоній, магній, цирконій, графіт тощо. Уран, плутоній є горючими речовинами. **Уран** – метал, у вигляді стружки легко окислюється, схильний до самозаймання. Температура самоспалахування урану – 300 °С (в сухому повітрі) і 250 °С (у вологому). **Плутоній** має більшу схильність до загоряння. **Графіт** займається слабо і тільки в накопиченому стані, під впливом радіації структура графіту змінюється, що приводить до підвищення температури і загоряння графіту.

Значну пожежну небезпеку на АЕС також являють інші горючі матеріали, що використовуються у великій кількості в якості будівельних матеріалів для споруд, покриттів, утеплювачів тощо.

Джерелами запалювання на АЕС можуть бути [63]:

- теплота хімічних реакцій рідкометалевих теплоносіїв з киснем повітря, водою (наприклад, при взаємодії натрію з водою температура реакційного середовища може підвищитися до 700 °С);
- високо нагріті поверхні паропроводів турбін (350-500 °С);
- самозаймання промасленої ізоляції паропроводів;
- розряди статичної електрики, електричні дуги, електричний пробій ізоляції тощо;
- іскри під час ударів та тертя;
- розжарені та розплавлені частки металу;
- відкритий вогонь та іскри під час проведення ремонтних робіт та інші.

Пожежа, що виникає на АЕС, дуже швидко поширюється по горючих речовинах та матеріалах, що використовуються в будівельних конструкціях, до яких слід віднести пластикове покриття підлог, кабельні лінії, теплоізоляція паропроводів тощо. Вогонь дуже швидко поширюється також по дзеркалу розлитих горючих рідин (наприклад, масла), по промаслених ізоляційних

матеріалах, технологічних комунікаціях, трубопроводах, системах вентиляції. Небезпечним є поширення полум'я по воднево-повітряній суміші, що вибухає. При цьому вогонь швидко поширюється на інші установки та споруди по уламках, що розлітаються внаслідок вибуху.

Протипожежний захист атомних електростанцій [63].

Проведений порівняльний аналіз вимог норм та правил пожежної безпеки, що висунуті міжнародним агентством атомної енергетики (МАГАТЕ), показує, що нормативне забезпечення АЕС в Україні вимагає глибокого вдосконалення.

Так, у покрівлях машинних залів АЕС експлуатується горючий утеплювач; протипожежні двері в реакторних відділеннях не відповідають технічним умовам їх виготовлення (низький ступінь вогнестійкості). У гермооболонках реакторних установок відсутні засоби контролю вибухонебезпечних сумішей водню з киснем повітря, а також відсутні системи по запобіганню можливих вибухів.

Велику небезпеку становить кабельне господарство АЕС, що обумовлюється перш за все використанням кабелів із горючою ізоляцією. Крім цього, не дотримані вимоги щодо окремого розміщення кабелів різних систем (блочний та резервний щити управління, щит системи аварійного захисту), що призводить до зближення, перехрещення та проходження кабельних трас різних систем безпеки. У разі виникнення пожежі це може призвести до втрати керування ядерним реактором. На більшості енергоблоків допускається прокладка кабельних трас у коридорах реакторних відділень, які є евакуаційними шляхами.

Що ж стосується вимог до систем виявлення та гасіння пожеж на АЕС, основним критерієм рекомендацій МАГАТЕ до обладнання приміщень атомних електростанцій є забезпечення управління ядерним реактором з наступним переведенням його в безпечний стан під час виникнення пожежі в будь-якому із приміщень енергоблоку. Тобто, системи виявлення загоряння влаштовуються у всіх приміщеннях, де під дію вогню може попасти обладнання, що відповідає за безпечну роботу АЕС.

Вимоги норм МАГАТЕ щодо систем димовидалення та вентиляції також мають переваги над вимогами норм, що діють в Україні з питань підвищення рівня безпеки і вимагають встановлення цих систем не тільки в пожежонебезпечних приміщеннях, але і в інших (наприклад, в приміщеннях блочних, резервних та центральних щитів управління).

Необхідно зазначити, що за багатьма показниками норми рекомендацій МАГАТЕ пред'являють більш жорсткі вимоги до будівельної та технологічної частини атомних електростанцій, що проектуються, не допускають використання в приміщеннях реакторних відділень горючих або важкогорючих матеріалів. Найбільша різниця полягає в підходах щодо забезпечення протипожежного захисту реакторних відділень, а саме у вимогах до обладнання приміщень АЕС установками пожежної автоматики.

Профілактика пожеж та вибухів на атомних електростанціях [63] полягає перш за все в запобіганні утворення горючого середовища в

технологічному обладнанні та спорудах, попередженні появи в ньому джерел запалювання і, у випадку виникнення пожежі, її швидка локалізація та ліквідація.

Запобігання утворення горючого середовища на АЕС досягається наступними вимогами:

- контроль за продуванням парогазової суміші із вільного простору реактора з наступним допалюванням водню;
- автоматична зупинка реактора в разі накопичення водню в системах (при концентрації водню 2 % спрацьовує аварійна вентиляція);
- контроль за реакцією радіолізу води шляхом подачі до реактора гелієво-водневої суміші вибухобезпечного складу);
- укріплення захисної оболонки реактора;
- використання флегматизуючої дії тонкорозпиленої води в захисній оболонці реактора;
- застосування інертних газоподібних флегматизаторів (азот, діоксид вуглецю, хладони);
- контроль за вентиляцією простору усередині захисної оболонки реактора;
- застосування систем допалювання водню усередині захисної оболонки реактора;
- заміна горючих нафтових масел на негорючі тощо.

Профілактика виникнення джерел запалювання на АЕС передбачає заходи як на стадії проектування, так і на стадії експлуатації електростанцій. До них, перш за все, відносяться наступні:

- температура поверхні обладнання не повинна перевищувати температуру навколишнього середовища більше, ніж на 45 °С (для інших випадків повинна бути не вищою 60 °С);
- маслопроводи повинні прокладатися в місцях, віддалених від гарячих джерел або мати спеціальний захист (наприклад, захисні коробки тощо);
- всі гарячі ділянки обладнання та трубопроводів, що знаходяться в зоні можливого попадання на них масла, ЛЗР та ГР, повинні мати негорючу теплоізоляцію з металевою обшивкою (з'єднання обшивки обмотуються склотканиною та покриваються рідким склом, стан теплоізоляції оглядається 1 раз на 10 діб);
- в маслосистемах повинні використовуватися матеріали, що є стійкими до масла, високих температур (до 100 °С), матеріали ущільнювачів повинні витримувати температуру до 200 °С.

Запобігання поширення пожежі, що може виникнути на АЕС, сприяють наступні заходи [63]:

- проектування мастилопроводів з безшовних труб з мінімальною кількістю фланцевих з'єднань (фланцеві з'єднання повинні мати захисні кожухи проти розбризкування масла);
- витоки масла необхідно видаляти через скидний трубопровід маслосистеми в спеціальний маслобак;
- влаштування системи аварійного зливу масла з маслотурбін у ємності, що розташовані за межами машинної зали;

- використання вогнестійких кабелів з фторполімерною ізоляцією;
- заміна горючих матеріалів на негорючі (наприклад, негорючого утеплювача в покриттях машинного залу енергоблоку та ін.).

Враховуючи вищезазначене, слід відзначити, що однією з основних вимог пожежної безпеки є запобігання впливу пожежі та її наслідків на ядерну і радіаційну безпеку АЕС. Ефективним у цьому вважається розміщення ядерного реактора в будівлі, що здатна витримати тиск вибуху водневоповітряної суміші усередині нього без порушення герметичності.

Питання до самоконтролю:

1. Опишіть будову та принцип роботи вугільних теплових електростанцій.
2. Надайте характеристику ТЕС з точки зору пожежної небезпеки.
3. Чи є вибухонебезпечним вугільний пил?.
4. Які відділення ТЕС вибухонебезпечні?
5. Які основні причини пожежовибухонебезпеки турбогенераторів?
6. Надайте характеристику пожежної небезпеки розподільчих пристроїв і кабельного господарства ТЕС.
7. Наведіть приклади заходів з пожежної профілактики на ТЕС.
8. Опишіть ядерний паливний цикл.
9. Які основні типи реакторів в атомній енергетиці?
10. Наведіть причини аварій та аварійних ситуацій на атомних електростанціях.
11. В чому полягає пожежна небезпека під час аварії на ЧАЕС?
12. Наведіть приклади заходів з профілактики виникнення пожеж та вибухів на атомних станціях.

ТЕМА 18. ОЦІНКА СТАНУ ТЕХНОГЕННОЇ НЕБЕЗПЕКИ НАФТОПЕРЕРОБНИХ ЗАВОДІВ

Мета вивчення теми

Ознайомитися з технологіями виробництва на нафтопереробних заводах, оцінити рівень їхньої пожежної небезпеки, розглянути заходи щодо забезпечення протипожежного захисту установок нафтопереробних заводів.

План

1. Характеристика технологічних процесів на нафтопереробних заводів.
2. Протипожежний захист установок термічного та каталітичного крекінгу.

Основні терміни

Нафтопереробна промисловість, переробка нафти, первинна переробка нафти, емульсія, мазут, газойль, гудрон, вторинна переробка нафти, низькотемпературний крекінг, високотемпературний крекінг, піроліз, каталітичний крекінг.

1 Характеристика технологічних процесів на нафтопереробних заводах

Нафтопереробна промисловість України – галузь важкої промисловості, підприємства якої з сирової нафти виробляють різні нафтопродукти. Основна продукція нафтопереробної промисловості: паливо для карбюраторних (авіаційні та автомобільні бензини), реактивних (авіаційний гас), дизельних (дизельне паливо) двигунів, котельне паливо (мазути), моторні масла, спеціальні, різного призначення бітуми, парафіни, кокс для електродної промисловості, мастила тощо, всього – понад 300 найменувань.

Переробка нафти – складний багатоступеневий технологічний процес, в результаті якого отримують широкий асортимент товарних продуктів, що відрізняються структурою, фізико-хімічними властивостями, складом і сферами використання. Розрізняють первинну і вторинну переробку нафти. На нафтопереробних підприємствах установки первинної, вторинної переробки і гідроочистки зазвичай з'єднані в єдину технологічну схему (рис. 18.1).

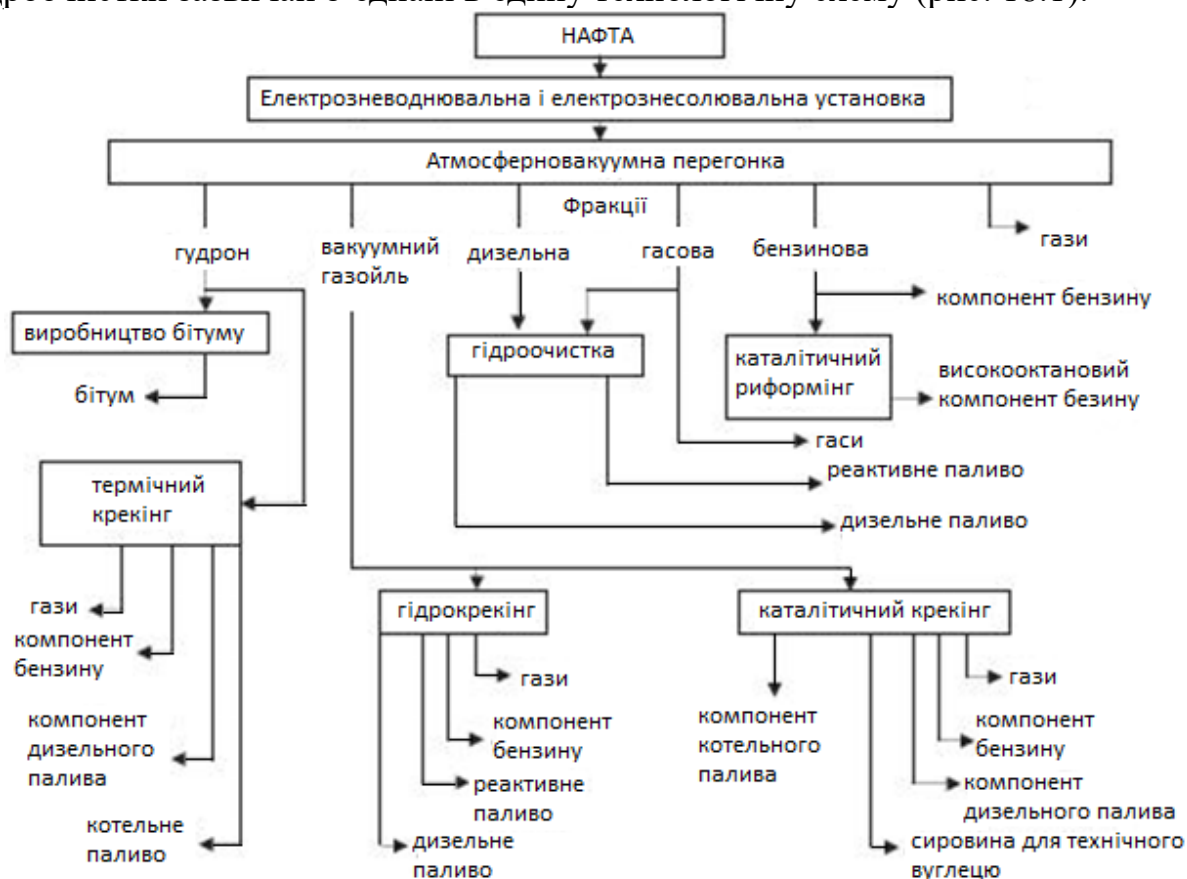


Рисунок 18.1 – Технологічна схема переробки нафти за паливним варіантом

Видобуток нафти супроводжується вилученням із природних підземних резервуарів значних кількостей газу, води, механічних домішок і солей. При надходженні на поверхню газ, розчинений у нафті, відокремлюють від неї за допомогою системи сепарації. Найбільш легкі компоненти вуглеводних газів відокремлюють від нафти в нафтових трапах, колонках і мірниках.

Найважчі вуглеводні гази відокремлюють від нафти в газових сепараторах. У трапі також відбувається очищення газу від нафтового пилу. Відділення газу від нафти і пилу в трапі відбувається за рахунок зміни тиску і швидкості нафтового потоку, що рухається. Для поліпшення процесу сепарації суміш, що надходить у трап, розприскують, для чого в трапах установлюють спеціальні ґрати, відбійники, тарілки й інші пристосування.

Для розділення продуктів фонтанування високого тиску (вище 20 атм.) застосовують східчасту сепарацію, при якій досягається грубе фракціонування газу і використовується пластовий тиск для транспорту газу. Відділена від газу нафта спрямовується в промислові резервуари, а звідти на нафтопереробні заводи. При відділенні газу від нафти в трапах і інших пристроях відокремлюється й основна маса води і механічних домішок. Відділення домішок і води відбувається також при відстоюванні і збереженні нафти в промислових резервуарах.

Присутність у нафті механічних домішок ускладняє її транспортування по трубопроводах і переробку, викликає ерозію внутрішніх поверхонь труб нафтопроводів і утворення відкладень у теплообмінниках, печах і холодильниках, що приводить до зниження коефіцієнту теплопередачі, підвищує зольність залишків від перегонки нафти (мазуту і гудронів), сприяє утворенню стійких емульсій.

Крім того, у процесі видобутку й транспортування нафти відбувається втрата легких компонентів нафти – (метан, етан, пропан і т. д., включаючи бензинові фракції) – приблизно до 5 % від фракцій, що википають до 100 °С.

З метою зниження витрат на переробку нафти, викликаних втратою легких компонентів і надмірним зношуванням нафтопроводів і апаратів переробки, нафта піддається попередній обробці.

Первинна переробка нафти. Сукупність процесів демінералізації нафти, переробки первинної нафти, вакуумної переробки мазуту, подальший поділ та очищення нафтових фракцій, одержаних при атмосферній та вакуумній перегонках. При первинній переробці первісний хімічний склад нафти не змінюється, тому її називають фізичною, неструктурною або прямою перегонкою. Нафту поділяють на окремі фракції шляхом випаровування та подальшого поділу парів на фракції, які википають у певному інтервалі температур.

Для скорочення втрат легких компонентів здійснюють стабілізацію нафти, а також застосовують спеціальні герметичні резервуари зберігання нафти. Від основної кількості води й твердих частинок нафту звільняють шляхом відстоювання в резервуарах на холоді або при підігріві. Остаточну її зневоднюють і знесолюють на спеціальних установках. Однак вода й нафта часто утворюють важко роздільну емульсію, що сильно сповільнює або навіть перешкоджає зневоднюванню нафти.

У загальному випадку **емульсія** – це система із двох взаємно нерозчинних рідин, у яких одна розподілена в іншій у зваженому стані у вигляді дрібних крапель. Існують два типи нафтових емульсій: нафта у воді, або гідрофільна

емульсія, і вода в нафті, або гідрофобна емульсія. Частіше зустрічається гідрофобний тип нафтових емульсій. Утворенню стійкої емульсії передують зниження поверхневого натягу на межі розділення фаз і створення навколо частинок дисперсної фази міцного адсорбційного шару. Такі шари утворюють треті речовини – емульгатори. До гідрофільних емульгаторів належать лужні мила, желатин, крохмаль. Гідрофобними є добре розчинні в нафтопродуктах лужноземельні солі органічних кислот, смоли, а також дрібнодисперсні частинки сажі, глини, оксидів металлов.

Продукти первинної переробки нафти, як правило, не є товарними нафтопродуктами. Наприклад, октанове число бензинової фракції складає близько 65, вміст сірки в дизельній фракції може досягати 1,0 % та більше, тоді як норматив складає, в залежності від марки, від 0,005 % до 0,2 %. Первинний прямий перегін нафти дає порівняно мало бензину – 4-25 % з різних нафт. Збільшення виходу бензину досягається застосуванням вторинної переробки більш важких нафтових фракцій, а також мазуту за допомогою методів деструкції, що дозволяє підвищити вихід бензину в кілька разів

Вторинна переробка нафти [63]. Сукупність процесів деструктивної переробки нафти і очищення нафтопродуктів. При цьому відбувається розщеплення великих молекул на дрібніші, які входять до складу легких палив. При вторинній переробці нафти застосовують термічний і каталітичний крекінг, риформінг, гідрокрекінг, гідроочистку, вісбрекінг, ізомеризацію і т.д.

Крекінг – процес глибокої зміни будови молекул нафти та нафтопродуктів, у результаті якого утворюються вуглеводні з меншим числом атомів вуглецю в молекулі. Процес ведеться при більш високих температурах (до 600 °С), часто при підвищеному тиску. При таких температурах великі молекули вуглеводнів «подрібнюються» на менші. Апаратура крекінг-заводів – в основному та ж, що й для перегонки нафти. Це – печі, колони. Але режим переробки інший. Сировина теж інша – мазут.

Мазут – залишок первинної перегонки нафти – густа і відносно важка рідина, його питома вага близька до одиниці. Зумовлено це тим, що мазут складається за складних і великих молекул вуглеводнів. Коли на крекінг-заводі мазут знову піддається переробці, частина складових його вуглеводнів подрібнюється на менші (тобто з меншою довжиною молекул), з яких саме й складаються легкі нафтові продукти – бензин, гас, лігроїн.

Розрізняють **термічний крекінг** – (низькотемпературний та високотемпературний) і **каталітичний крекінг**.

Низькотемпературний крекінг (НТК) (легкий крекінг) – перетворення важких нафтопродуктів (мазуту, солярного масла) в бензин. Параметри процесу – температура 450-490 °С, тиск 2-7 МПа.

Високотемпературний крекінг (ВТК) (глибокий крекінг) – призначений для крекінгу легкої сировини (лігроїну, гасу, газойля, бензину низької якості) з метою отримання бензинів з більш високим октановим числом. При цьому крекінгу відбувається не тільки отримання більш легкокиплячих фракцій, але відбувається і зміна скелету молекули сировини – утворюється ароматика.

Температура процесу – 500-550 °С. Основна реакція термічного крекінгу – розщеплення вуглеводнів по вуглець-вуглецевих зв'язках за вільним радикальним механізмом. У результаті цієї реакції утворюються газоподібні та рідкі суміші насичених та ненасичених вуглеводнів:



Високотемпературний крекінг здійснюють під високим та низьким тиском. **ВТК під низьким тиском** (парофазний крекінг) – температура – 550- 600 °С, тиск – 0,2-0,5 МПа. Сировина – різні дистилятні фракції. Отримують бензини. *Недоліком процесу* є отримання бензинів з меншим виходом, з меншою стабільністю. Отримані цим процесом бензини необхідно очищати. Але в той же час гази та легкі фракції цього крекінгу багаті ненасиченими вуглеводнями і є сировиною для багатьох хімічних виробництв. Слід відмітити, що до процесу ВТК при низькому тиску відноситься *піроліз*, який проводять при атмосферному тиску та високій температурі (до 720°С).

Основне призначення піролізу [63] – отримання ароматичних вуглеводнів (бензолу, толуолу) та газу, який є багатим на ненасичені вуглеводні. Піроліз відрізняється від термічного та каталітичного крекінгу. Його проводять при атмосферному тиску та при високій температурі, при розпаді високомолекулярних вуглеводнів утворюються низькомолекулярні ненасичені сполуки (наприклад, ацетилен).

Процеси термічного крекінгу здійснюють в установках, що включають трубчасту піч, реакційний пристрій, випарники, ректифікаційні колони, газовідділювачі, теплообмінники, холодильники та інші. При термічному крекінгу нафтової сировини в результаті складних реакцій полімеризації і поліконденсації з олефінів і аренів на стінках реакційних апаратів з'являються відклади нафтового коксу чи карбоїдів, що небажано. Внаслідок того, що на практиці крекінгу піддаються складні суміші і в результаті одержують продукти дуже складного хімічного складу, важко встановити безпосередній зв'язок між компонентами сировини й одержуваними продуктами. Швидкість крекінгу в однакових умовах зростає з підвищенням температури кипіння вихідних нафтових фракцій. У сумішах швидше за все крекінгуються термічно менш стійкі високомолекулярні алкани й ацени з довгими бічними ланцюгами.

Швидкість реакцій крекінгу, кількість і якість одержуваних продуктів залежать від температури, складу сировини, тривалості крекінгу при заданій температурі, а також тиску в реакційній зоні. При термічному крекінгу одночасно протікають реакції термічного розкладання з поглинанням тепла і реакції ущільнення з виділенням тепла. Сумарний тепловий ефект негативний, тому необхідно підводити тепло ззовні. Таким чином, термічний крекінг важких нафтових фракцій дозволяє збільшити вихід бензину з розрахунку на вихідну нафту. Але бензини термічного крекінгу мають невисоке октанове число та низьку стабільність під час зберігання. Подальші дослідження призвели до

створення процесу каталітичного крекінгу, який і дозволив вирішити ці проблеми.

Каталітичний крекінг (КК) – процес, що протікає на поверхні каталізатора з розщепленням вуглеводневого ланцюга та утворенням ароматичних вуглеводнів та циклічних олефінів. В КК реакції розщеплення протікають за іонним механізмом. Каталітичні процеси відрізняються від термічних тим, що пара нафтової сировини пропускається над каталізатором, що прискорює і направляє хід реакцій у бік утворення необхідних продуктів при більш м'яких умовах. При каталітичному крекінгу, у якому всі процеси перетворення вуглеводнів нафти протікають в умовах гетерогенного каталізу, отримують продукти, різко відмінні за складом від продуктів термічного крекінгу і піролізу [63].

Каталізатори, які застосовуються в нафтопереробці, поділяють на метали (Ni, Pt, Pd), напівпровідники (Zn, Cr₂O₃, WS₂, MoO₂), ізолятор-алюмосилікатні каталізатори (Al₂O₃). Як каталізатори для крекінгу застосовують або алюмосилікати (природні глини), оброблені і збагачені присадками оксидів різних металів (Ni, Co, Cu, Mn і ін.), або спеціальні синтетичні маси на алюмосилікатній основі, так звані цеоліти і цеолітові системи.

Головним завданням каталітичного крекінгу, як і термічного, є розщеплення високомолекулярних вуглеводнів. За температури 200-300 °С переважають реакції деполімеризації, а при 300 °С і вище починається власне каталітичний крекінг. КК на алюмосилікатних каталізаторах є найбільш поширеним процесом в нафтопереробній галузі. За об'ємом сировини, що переробляється, він посідає друге місце після первинної перегонки нафти. Як сировину в цьому процесі частіше за все використовують нафтові фракції, що википають в інтервалі температур 300-500 °С (газойль – C₁₁-C₂₀, який використовують як дизельне та котельне паливо та вакуумний газойль – газойль з більш високою температурою кипіння, що одержаний вакуумною перегонкою мазуту, застосовують як моторне, машинне та змащувальне масло).

Параметри процесу каталітичного крекінгу – температура – 300-500 °С, тиск – атмосферний або дещо підвищений (0,2-0,3 МПа). Варіантом КК є **гідрокрекінг**, який проводять з використанням водню для переробки висококиплячих фракцій нафти (газойля, мазуту, гудрону) з отриманням скраплених газів, бензинів, дизельного палива, авіаційного палива, сировини для змащувальних масел. Параметри процесу: температура – 320-420 °С, тиск – 10-20 МПа. Каталізатори – суміші оксиду нікелю і вольфраму або оксиду кобальту і молібдену, що нанесені на цеоліти або аморфні алюмосилікати.

У промисловості існує три основних способи оформлення процесу КК:

- на стаціонарному шарі каталізатора;
- на рухомому шарі каталізатора;
- в киплячому (псевдоожигеному) шарі каталізатора).

Принцип роботи установки каталітичного крекінгу [63] її роботи полягає в наступному: сировина – нафта, що підігріта в теплообміннику, поступає в атмосферну колону, де відбираються фракції прямої перегонки нафти.

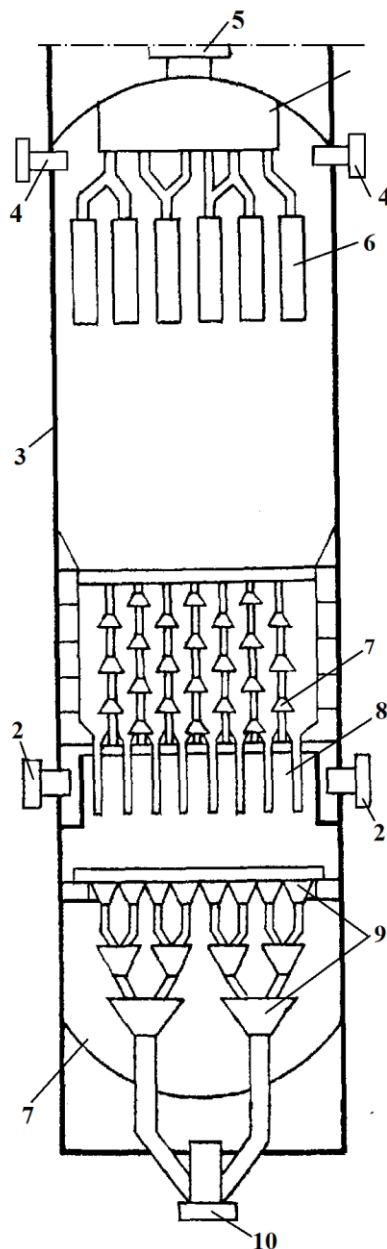
Знизу колони мазут поступає в трубчасту піч, звідки поступає до вакуумної колони. Гудрон виводиться знизу, а пари направляються в реактори КК. З реакторів КК відбираються продукти крекінгу. Основним і найбільш небезпечним апаратом установки КК є реактор. Конструкція реакційного апарата визначається типом процесу, що проводиться, а також типом каталізатора. Також на конструкцію апарата впливають умови проведення процесу (в рідкій фазі чи в газовій), тепловий ефект реакції, способи підтримання заданого робочого режиму в зоні реакції. Однією з найважливіших операцій в технологічній схемі КК є процес регенерації каталізатора. В процесі КК каталізатор швидко дезактивується за допомогою відкладення на ньому вугільного порошку (сажі). Також в процесі КК відбувається закоксування каталізатора. Тому технологічна схема КК повинна містити також апарат, що відповідає за регенерацію каталізатора – регенератор. Регенератор установки КК з рухомими гранульованим каталізатором призначений для випалювання коксу з каталізатора з метою відновлення його активності і являє собою вертикальний апарат квадратного перерізу 3,5х3,5 м висотою 24,4 м. По висоті має декілька зон (до 9), кожна з яких містить пристрої для введення повітря та виводу газу. Також є охолоджуючі змійовики. Температура в печі може досягати 700 °С, і тому для захисту апарата його зсередини захищають футеровкою з вогнетривкої цегли товщиною 250 мм та ізоляцією з листового азбесту.

Типовий реактор КК [63] представляє собою циліндричну судину однакового або різного діаметра, закритий на кінцях днищами (кришками). Усередині корпусу розташовані опорні решітки для каталізатора, розподільчі направляючі та збірні пристрої, теплообмінні пристрої, сепаратори, пристрої для перемішування та тощо. Під час проектування реакторів КК враховують їх функціональне призначення, розділяючи реакційну зону і зону регенерації каталізатора, бо в цьому випадку безперервність процесу можна забезпечити організацією циркуляції каталізатора між реактором і регенератором.

У тому випадку, коли циркуляцію каталізатора здійснити не вдається, в одному апараті здійснюють і основну реакцію і регенерацію каталізатора або його заміну. Для забезпечення безперервності процесу необхідно мати декілька апаратів. Для інтенсивного перемішування контактуючих середовищ реактор має пристрій для перемішування спеціальної конструкції. Інколи реактор виготовляють пустотілим у вигляді змійовика (наприклад, трубчаста піч для піролізу вуглеводнів) або циліндричної пустотілої судини (для коксування). Поверхня теплообміну може бути виконана або у вигляді трубних поверхонь, вбудованих в реактор, або у виді рубашки на зовнішній поверхні апарата.

В деяких випадках для підведення або відведення тепла використовують змішування сировини з каталізаторами або інертними теплоносіями, випаровування в реакційній зоні компонентів сировини тощо. Слід зазначити, що на установках КК реактор і регенератор розміщуються окремо, а якщо на установці КК однократний підйом каталізатора, тоді реактор і регенератор виготовляють як один апарат. В цьому випадку реакційна частина частіш за все розташовується зверху, а регенератор внизу.

Реактор установки КК з рухомим шаром каталізатора [63]. Реактор призначений для крекінгу газойлю при 450-500 °С та тиску 0,1 МПа за наявності гранульованого алюмосилікатного каталізатора. Діаметр корпусу складає 3,9 м, висота – близько 16 м. Усередині корпусу розташовані верхній розподільчий пристрій для рівномірного розподілу каталізатора, реакційна зона, сепараційний пристрій для відділення парів продуктів реакції від каталізатора, зона відпарювання (для видалення легко летючих компонентів з каталізатора) та нижній пристрій –збірник для каталізатора (рис.18.2).



1 – днище; 2 – штуцери для виходу пари; 3 – корпус; 4 – штуцери для введення сировини; 5 – штуцер для введення каталізатора; 6 – верхній розподільник каталізатора; 7 – патрубки для відведення пари («гірлянди»); 8 – переточувальні труби для каталізатора; 9 – нижній розподільник каталізатора; 10 – штуцер для виведення каталізатора

Рисунок 18.2 – Реактор установки КК з рухомим шаром каталізатора

Температура в реакторі підтримується на заданому рівні зміною трьох величин: температури регенованого каталізатора; температури сировини; кратності (швидкості) циркуляції каталізатора. Слід відзначити, що тип реактора залежить від типу реакційного процесу. Так наприклад, реактор каталітичного риформінгу має діаметр 4,5 м, висота шару каталізатора складає від одного до трьох діаметрів апарата, реактор каталітичного крекінгу з пилоподібним каталізатором має діаметр до 10 м і висоту до 30 м, реактор гідрокрекінгу становить собою вертикальний циліндричний апарат з діаметром 3 м і висотою 38 м, по висоті має 6 реакційних зон.

Для отримання високооктанового моторного палива використовується каталітична переробка бензинових фракцій прямої перегонки нафти за допомогою водню під тиском з використанням каталізаторів, яка називається каталітичний риформінг (платформінг). Процес ведуть при тиску 1-5 МПа, температурі – 500-530 °С. Каталізатори – платина з домішками ренію (платформінг) або суміш оксидів молібдену, кобальту та хрому, що нанесені на алюмосилікати. Також за допомогою риформінгу отримують ароматичні вуглеводні (толуол, циклогексан, метилциклогексан тощо). Установки риформінгу бувають двох типів – з періодичною та безперервною регенерацією каталізатора. Процес здійснюється послідовно в 3-4 окремих реакторах, об'ємом від 40 до 140 м³, перед кожним з яких продукти нагріваються в трубчастих печах. Суміш, що виходить з останнього реактора, відділяється від водню, вуглеводневих газів та стабілізується. Отриманий продукт – стабільний риформат охолоджується і відводиться з установки.

Потужність установок риформінгу складає від 300 до 1000 тис. т. сировини за рік. Оптимальною сировиною є важка бензинова фракція з інтервалами кипіння 85-180 °С. Сировина підлягає попередній гідроочистці – видаленню сірчистих та азотистих сполук, що навіть в незначній кількості отруюють каталізатор риформінгу. Процес гідроочистки бензинових, гасових та дизельних фракцій від сірчистих та азотистих сполук полягає в наступному. Сировина змішується з газом, до складу якого входить водень. Газ поступає з циркуляційних компресорів, підтримують тиск в системі. Отримана суміш нагрівається в трубчастій печі до 280-340 °С, в залежності від сировини, потім поступає до реактора. Реакція проходить на каталізаторах, що містять нікель, кобальт або молібден під тиском до 50 атм. За таких умов відбувається руйнування сірчистих та азотистих сполук з утворенням сірководню та аміаку. В процесі за рахунок термічного розкладання утворюється незначна (1,5-2 %) кількість низькооктанового бензину, а при гідроочистці вакуумного газойля також утворюється 6-8% дизельної фракції. Продуктова суміш відводиться з реактора, відділяється в сепараторі від надлишку водневого газу, що повертається до циркуляційного компресора. Продукт поступає до ректифікаційної колони, з під-якої відкачується гідрогенізація – очищена фракція. Вміст сірки, наприклад, в очищеній дизельній фракції, може знизитися з 1,0 % до 0,005-0,03 % [63].

Потужність установок гідроочистки може складати від 600 до 3000 тис. т на рік. Водень для реакцій гідроочистки надходить з установок риформінгу.

Таким чином, процеси термічного та каталітичного крекінгу характеризуються складністю апаратурного оформлення, жорсткими умовами про ведення процесів, наявністю великої кількості горючих речовин, нагрітих до високих температур, що часто перевищують температуру самоспалахування, а також наявністю різноманітних систем обігріву.

2 Протипожежний захист установок термічного та каталітичного крекінгу

Пожежна небезпека установок термічного та каталітичного крекінгу [63] обумовлюється перш за все наявністю великої кількості ЛЗР, ГГ та інших горючих речовин і матеріалів, високим температурним режимом та використанням додаткових небезпечних операцій (наприклад, періодичної регенерації каталізатора).

Основною сировиною та продуктами процесу ТК та КК є [63]:

- **мазут** – залишок атмосферної перегонки нафти – суміш важких вуглеводнів, горюча рідина темного кольору, густина 890-995 кг/м³, температура спалаху – більша 80 °С, температура самоспалахування – 350 °С, теплота згоряння 42000-44000 кДж/кг, ГДК – 300 мг/м³. Клас небезпеки – 4. Мазути здатні під час горіння прогріватися на глибину, утворюючи зростаючий гомотермічний шар. Швидкість вигорання мазутів 6 см/год, швидкість зростання прогрітого шару 24-42 см/год, температура прогрітого шару та полум'я відповідно дорівнює 230-300 та 1000 °С. Вакуумною перегонкою мазуту одержують мастильні матеріали з різною температурою кипіння та в'язкістю – солярове, веретенне, трансформаторне та інші;

- **мастила** – в'язкі горючі рідини, тобто суміші високомолекулярних вуглеводнів. Густина мастил від 830 до 965 кг/м³. Мастила переважно є горючими рідинами з високою температурою спалаху 172-259 °С, за винятком зеленого та сивушного мастил, що мають температуру спалаху відповідно 65 та 40 °С;

- **газойль** - фракція нафти, що відбирається під час атмосферної перегонки при температурі 240-360 °С, складається з вуглеводнів C₁₁-C₂₀. Використовують як дизельне та котельне паливо, сировину для крекінгу. Горюча рідина з температурою спалаху понад 61 °С та температурою самоспалахування – 300 °С;

- **бензин** – суміш вуглеводнів C₆-C₁₁- фракція атмосферної перегонки нафти при температурі 40-180 °С, легкозаймиста рідина з температурою спалаху від мінус 44 °С до 30 °С. Температура самоспалахування від 255 до 474 °С, область спалахування 0,76-8,1 %, ГДК – 100 мг/м³, клас небезпеки – 4;

- **бензол** (C₆H₆) – легкозаймиста рідина без кольору з характерним запахом, температура кипіння – 80,1 °С, температура спалаху – мінус 11 °С, температура самоспалахування 580 °С, температурні межі поширення полум'я: нижня – мінус 14 °С; верхня 13 °С; концентраційні межі поширення полум'я: нижня 1,43 %; верхня 8 %. При горінні дає кіптяве полум'я. Практично не розчиняється у воді, добре змішується з органічними розчинниками. Пари бензолу отруйні, ГДК 5 мг/м³;

- **толуол** ($C_6H_5CH_3$) – легкозаймиста рідина, температура кипіння 110,8 °С, температура спалаху 7 °С, температура самоспалахування 535 °С, температурні межі поширення полум'я: нижня 6 °С; верхня 37 °С; концентраційні межі поширення полум'я: нижня 1,27 %; верхня 6,8 %. За властивостями схожий з бензолом.

Пожежна небезпека установок ТК та КК обумовлюється не тільки наявністю великої кількості горючих речовин, що обертаються при високих тиску та температурі, але і **особливостями самих процесів крекінгу**, а саме [63]:

- наявність великої кількості горючих речовин та матеріалів;
- процеси крекінгу мають ендотермічний характер, що обумовлює наявність великої кількості систем обігріву;
- температурний режим значно перевищує температуру самоспалахування сировини та продуктів крекінгу (500-800 °С);
- необхідність використання вогневого обігріву (наприклад, печі пролізу);
- наявність спеціальних пожежонебезпечних органічних теплоносіїв (масло, дітолілметан тощо, що використовуються для створення високих температур);
- застосування електрообігріву реакційної суміші;
- розміщення електронагрівальних елементів не тільки назовні, але і всередині реакторів;
- застосування реакторів з нерухомим шаром каталізатора;
- застосування в процесах крекінгу технологічних систем реактор – регенератор;
- можливість зміни складу сировини за умов виникнення труднощів в автоматичному регулюванні оптимальних умов процесу (робота печей пролізу);
- порушення контролю за тривалістю контакту сировини з поверхнею теплообміну.

Практика роботи установок показує **можливість вибухів та горіння вуглеводнів** як в реакторах, так і в лініях відводу регенераційних газів. Небезпека вибухів виникає під час пуску реакторів, а також при переключеннях на регенерацію та контактування, якщо система повністю не звільнена від повітря або вуглеводнів [63].

Розглянемо пожежовибухонебезпеку системи «реактор-регенератор». Така двоапаратна система характеризується специфічними особливостями пожежної небезпеки. Реактор, що заповнений горючими продуктами та сполучений з ним регенератор, до якого подається повітря, являють собою дві посудини, що поєднані між собою. Горючі пари та гази знаходяться в них в стані рухомої рівноваги. Отже, порушення режиму тиску в реакторі або регенераторі буде сприяти утворенню горючих концентрацій усередині апаратів:

- при підвищенні тиску в реакторі горючі пари та гази можуть потрапити до регенератора;
- при підвищенні тиску в регенераторі повітря може перейти до реактора.

Причини підвищення тиску в системі (порушення динамічної рівноваги) [63]:

- попадання води через нещільності теплообмінної поверхні котла-утилізатора в систему відводу продуктів горіння (випаровування води призводить до підвищення тиску в регенераторі та переходу повітря до реактора);

- при зупинці подачі води в конденсатори-холодильники, до яких надходять продукти реакції з реактора (при цьому горючі продукти можуть потрапити з реактора до генератора);

- при раптовому відключенні компресорів, що влаштовані в наступних цехах розподілу продуктів реакції;

- при утворенні пробок (так назване «зависання» каталізатора) в лініях, по яких транспортується каталізатор (в залежності від того, в якому місці утворилася пробка, можливе попадання повітря до реактора або горючих газів та парів до регенератора);

- зниження рівня каталізатора в реакторі або регенераторі;

- збільшення подачі вихідної сировини;

- недостатня сушка вуглеводнів, що поступають на реакцію;

- порушення нормального відведення продуктів реакції;

- недостатня подача пари або відсутність подачі пари на відпарювання каталізатора від вуглеводнів;

- підвищення температури в реакційній зоні реактора;

- зменшення швидкості руху каталізатора;

- низька температура в зоні регенерації каталізатора.

Вибухонебезпечні суміші, як продуктів горіння, так і продуктів неповного горіння, можуть утворитися не тільки в реакторах, регенераторах, але і в апаратах, що розміщені за ними – котлах-утилізаторах, скруберах, електрофільтрах тощо. Причиною утворення продуктів неповного горіння, що схильні до вибуху, є надлишок коксу на каталізаторі. Також, окрім коксу, на поверхні каталізатора відкладаються важкі (смолисті) вуглеводні [63].

Регенерація сильно закоксованого каталізатора може привести до утворення продуктів неповного згорання. За нормальних умов роботи на поверхні каталізатора після години контактування утворюється від 1 до 2 % вуглецю (коксу) відносно маси каталізатора. В деяких випадках кількість вуглецю може досягати до 2,5-3 %. Також причиною утворення продуктів неповного горіння є недостатня подача гарячого повітря в регенератор.

Крім вище розглянутих динамічних впливів на систему каталітичного крекінгу «реактор-регенератор», слід відзначити температурні впливи, що можуть призвести до пошкодження установки. Високі робочі температури в апаратах (в реакторі – 500-600 °С, в регенераторі 600-650 °С), а також можливість різкого зростання температури при порушенні технологічного регламенту сприяють утворенню високих внутрішніх напружень в конструктивних елементах, деформації апаратів та транспортних ліній.

Найбільший вплив температурні деформації мають на стан внутрішнього облицювання апаратів, а також на їх внутрішнє обладнання (решітки, циклони, розподільчі пристрої тощо). За відповідного вмісту коксу на каталізаторі, що виходить з реактора, температура в регенераторі може піднятися до 900 °С, а в

окремих випадках – до 1000 °С, тобто на 300-400 °С більша за робочу температуру. Це може привести до деформації не тільки реактора, але і пов'язаних з ним транспортних ліній.

Кількість тепла, що виділяється при регенерації каталізатора, залежить від кількості повітря, що поступає в регенератор, бо вона визначає співвідношення між CO та CO₂ в регенераційних газах. Тепловий ефект реакції окислення вуглецю до CO значно нижчий за тепловий ефект окислення до CO₂. При проведенні регенерації в бік значного утворення CO температурний режим в реакторі буде більш м'яким. Крім того, витрата повітря на згоряння вуглецю до CO в 2 рази менша. Це приводить до зниження експлуатаційних витрат. Тому у ряді випадків регенерацію нормально закоксованого каталізатора проводять з таким розрахунком, щоб згоряння коксу в регенераторі проходило з максимальним виходом CO. При цьому мінімальне співвідношення CO₂/CO підтримують в межах 1,05-1,25, що відповідає об'ємному вмісту CO в регенераційних газах, що дорівнює 9-10 %. Підвищення вмісту CO в газах регенерації призводить до значного збільшення пожежної небезпеки апаратів та транспортних ліній.

До джерел запалювання процесів термічного та каталітичного крекінгу відносяться [63]:

- самоспалахування ГР і парової фази при виході їх назовні і зіткненні з повітрям;

- печі, реактори, вогневі ремонтні роботи на території або на прилеглих технологічних установках, нагріті елементи конструкцій, якщо їхня температура перевищує температуру самоспалахування пароповітряної чи газоповітряної суміші;

- самозаймання відкладень на внутрішніх поверхнях колон і трубопроводів, утворення пірофорних сполук;

- іскри, що утворюються при користуванні інструментом під час роботи та ремонту, іскри від електроустаткування, розрядів статичної електрики тощо.

Поширення пожежі на момент її виникнення швидко відбувається по:

- поверхні розлитих ЛЗР та ГР (частіше нагрітих);

- парогазоповітряній хмарі;

- дихальним лініям;

- трубопроводах промислової каналізації, трубопроводах, звільнених від продукту; поверхні теплоізоляції;

- поверхнях, площадках етажерок та території установок.

Основні вимоги до профілактики аварій пожеж та вибухів на установках термічного і каталітичного крекінгу полягають у наступному [63]:

- автоматичне регулювання витрати повітря, що подається на регенерацію каталізатора;

- контроль димових газів, що виходять з регенератора на вміст CO (при виявленні CO в реактор та його шлемову лінію підводять азот);

- автоматичний контроль загальної витрати повітря, що подається до регенератора;

- постійний контроль за рівнем каталізатора в реакторі та регенераторі;
- автоматичне регулювання та контроль за температурним режимом установки (температуру контролюють в різних точках по висоті регенератора та реактора);
- контроль за кратністю циркуляції каталізатора;
- для захисту від ерозії трубопроводу проєктують із більшою товщиною (в місцях впливу ерозії);
- для безпеки процесу регенерації разом з чистим повітрям подають водяну пару;
- наявність систем автоматичного блокування відкривання та закривання засувки з автоматичною сигналізацією;
- для запобігання перегріву стінки реактора захищають футеровкою;
- використання іскробезпечного інструменту;
- застосування системи автоматичного блокування електрообігріву на випадок підвищення температури;
- блискавкозахист, заземлення реакторів;
- використання вибухозахищених вентиляторів (з алюмінієвих сплавів);
- дотримання правил пожежної безпеки при проведенні вогневих ремонтних робіт;
- реактори з небезпечним виробництвом розміщують на відкритих технологічних площадках або в ізолюваному приміщенні, ізолюваних кабінах, розділених залізобетонними стінами;
- реактори з горючими рідинами повинні мати аварійний злив.

Категорично забороняється використовувати кисень для продувки реакторів ТК та КК.

Отже, підвищений рівень пожежовибухонебезпеки установок термічного та каталітичного крекінгу, що обумовлюється наявністю великої кількості горючих речовин і матеріалів, жорсткими умовами здійснення технологічного процесу та складністю його апаратурного оформлення, вимагає суворого дотримання вимог протипожежного захисту.

Питання до самоконтролю:

1. Опишіть технологію переробки нафти.
2. Для чого необхідно проводити попередню обробку нафти?
3. Що включає в себе первинна переробка нафти?
4. Для чого необхідна вторинна переробка нафти?
5. Опишіть технологію низькотемпературного крекінгу.
6. Опишіть технологію високотемпературного крекінгу.
7. Назвіть особливості технології каталітичного крекінгу.
8. Яке основне призначення піролізу?
9. Наведіть основні вимоги щодо протипожежного захисту установок термічного та каталітичного крекінгу.

ТЕМА 19. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ ВОГНЕВИХ РОБІТ

Мета вивчення теми

Ознайомитися з основними видами вогневих робіт та їх характеристиками, розглянути вимоги з пожежної безпеки, яких повинні дотримуватися робітники під час проведення вогневих робіт.

План

1. Види вогневих робіт, їх характеристика.
2. Вимоги пожежної безпеки під час проведення вогневих робіт

Основні терміни

Вогневі роботи, газове зварювання, плазмове зварювання, газова різка, наскрізне швидкісне різання, поверхнева газорізка, кисневий спис, електродугове зварювання, паяння.

1 Види вогневих робіт, їх характеристика

Вогневі роботи – виробничі операції, пов'язані із застосуванням відкритого вогню, іскроутворенням або нагріванням деталей до температур, здатних викликати спалахування матеріалів і конструкцій (газове зварювання, плазмене зварювання, газова різка, електродугове зварювання, паяння, механічна обробка металу з виділенням іскр тощо), рис. 19.1.

Газове зварювання – технологічний процес зварювання плавленням, при якому нагрів кромки частин виробу, які з'єднуються та присадочного матеріалу здійснюється теплом від згоряння горючих газів у кисні.



Рисунок 19.1 – Вогневі роботи [64]

При газовому зварюванні використовується тепло полум'я, що утворюється при спалюванні горючого газу в струмені технічного кисню. Частіше як горючий газ застосовують ацетилен C_2H_2 , що при згорянні в атмосфері кисню O_2 дає найвищу температуру – до $3150\text{ }^\circ\text{C}$. Крім того, використовують водень H_2 , природний і коксовий газ і пари гасу. Ацетилен для газового зварювання одержують розкладенням карбїду кальцію CaC_2 в ацетиленовому газогенераторі. Основним інструментом газового зварювання служить газовий пальник.

Ацетилен і кисень надходять у пальник, змішуються і утворюють пальну (горючу) суміш. Пальна суміш на виході з наконечника пальника підпалюється і створює зварювальне полум'я, під дією якого кромки металу нагріваються і оплаваються. Для утворення зварювального шва в полум'я пальника вводять присадочний матеріал (пруток, дріт тощо). Газове зварювання використовується головним чином для поєднання тонких листів, деталей з кольорових металів, наплавлення твердих сплавів.

Цим способом можна зварювати майже всі метали та сплави, а чавун, мідь, свинець, латунь, зварюються навіть легше ніж дуговим способом.

Методи газового зварювання не відрізняються настільки, як це спостерігається в інших процесах. Киснево-водневе зварювання виконується так само, як і оксиацетиленове. Температура полум'я, що живиться чистим киснем та воднем, може досягати 3500 °С (6300 °F). Ця комбінація газів була однією з перших сумішей при зварюванні і, безумовно, витримала випробування часом. Незважаючи на те, що застосування водню та кисню більш обмежене, воно все ж має вигоди в портативності джерела енергії.

Плазмове зварювання, зварювання стислою дугою – зварювання плавленням, за допомогою якого деталі, що з'єднуються нагріває плазмова дуга, стиснена потоком газу чи зовнішнім магнітним полем, або плазмовим струменем. Використовується властивість плазмової дуги глибоко проникати в метал. Виконується за допомогою плазмотрона.

При плазмовому зварюванні дугою прямої дії об'єкт зварювання включається до електричного зварювального ланцюга, де виконує роль анода. При плазмовому зварюванні струменем об'єкт зварювання не приєднується до джерела живлення і нагрівається лише за рахунок теплоти плазми.

Сприятлива форма ванни, що утворюється, дозволяє зварювати метал товщиною до 10-15 мм без спеціального оброблення кромки. Зварювання плазмовою дугою відрізняється високою продуктивністю і унаслідок великої стабільності горіння дуги, хорошою якістю. Малопотужна плазмова дуга при струмах 0,1-40 А є зручною для зварювання тонких листів (0,05 мм) при виготовленні мембран, сифонів, теплообмінників з Та, Ті, Мо, W, Al.

Газова різка – один з найпопулярніших способів різання металу, коли розігріта суміш газів (кисню та ацетилену (або пропану) у вигляді струменя під тиском подається на метал. Оскільки температура нагрівання висока (+ 3200°C), газову різку застосовують для чорних металів та прокату.

Основний інструмент, застосовуваний для газового різання – газовий різак. Він виконує одночасно декілька функцій:

- бере участь в процесі обчислення пропорцій суміші кисню і газів;
- відповідає за займання газу;
- регулює подачу кисню.

Газова порізка металу відноситься до термічних методів обробки. Її застосування можливо для розкрою металевих заготовок різної товщини з найвищою продуктивністю. Дана технологія енергонезалежна – газорізка повністю автономна, завдяки чому її застосування можливо практично при будь-

яких умовах. Цей нюанс часто виручає при необхідності проведення розкрою і його неможливості через зовнішні причини. Проводити роботи із застосуванням газового різачка можна навіть в польових умовах, далеко від житла, при повній відсутності електроенергії.

Процес газорізки при професійному виконанні не викликає складнощів:

- металева заготовка нагрівається по заданому контуру шляхом впливу на нього ацетилено-кисневого полум'я;
- на підготовлений матеріал направляють струмінь газу під тиском;
- під дією полум'я заготівля нагрівається;
- під впливом кінетичної енергії струменя знищуються отримані оксиди.

Головна вимога для стабільності газового різання металу – висока потужність джерела тепла. Заготівля нагрівається до необхідної порога, метал, що згорає, виділяє величезну кількість теплової енергії.

Класифікація методів газорізки проводиться з урахуванням напрямку і типу струменя:

- наскрізний (розділовий) спосіб;
- поверхневе різання (зняття верхнього шару металу);
- кисневий спосіб (для створення отворів).

Наскрізне швидкісне різання – це повне розділення частин заготовки внаслідок впливу на місце різку полум'я різачка. Для виконання швидкісного різання застосовують потрійні мундштуки, вихідні отвори яких розміщені за принципом рівностороннього трикутника. Через вершину «фігури» виходить основний струмінь, який і формує надрізи. Струмені, що виходять через інші отвори, допоміжні, служать для зачистки кромки і забезпечення рівного різку. Отриманий розріз виходить досить широким, складні фігури таким способом вирізати важко. Але це – єдині недоліки способу, які з лишком окупаються високою швидкістю виконання роботи.

Газове різання з використанням флюсу. Якщо мета – порізка легованих сталей, фахівці застосовують газорізку з флюсом. Згорання порошкоподібної речовини призводить до виділення додаткового тепла, що забезпечує нормальне функціонування установки. Подається порошок через спеціальний флюсонакопичувач, що забезпечує безперервну подачу речовини до заготівлі і регулювання її кількості. Такий спосіб різання підходить для розкрою наступних сплавів: чавун, хромисті сталі, хромонікелеві сталі.

Для роботи з мідними і алюмінієвими сплавами доведеться застосувати додаткову механічну обробку.

Поверхнева газорізка використовується для зняття верхнього шару металу і проводиться при розташуванні мундштука під кутом (15-40 °). Горюча суміш подається при невеликій швидкості, завдяки чому відбувається зняття поверхневого шару (метал згорає в полум'ї пальника різачка).

Різка кисневим списом: особливості. «Кисневий спис» підходить для роботи з металом, залізобетоном і бетоном. Даний метод дозволяє створювати отвори в заготівлі, причому, розмір отворів може бути різним. Для проведення робіт до пристрою подачі кисню приєднують тонку трубку малого діаметра (до

35 мм). Її нагрівають, газова суміш, проходячи через гарячу трубку, запалюється, перетворюючись в «спис», який притискають із зусиллям до місця «пробою». Між різакон і стінками отвору відбувається відтік шлаку

Електродугове зварювання – зварювання плавленням, при якому нагрів та розплавлення кромки з'єднаних частин виробів відбувається однією або декількома електричними дугами (багатодугове зварювання).

Дуговий розряд створюється:

- між зварюваними виробами та електродом із вмиканням виробу в коло зварювального струму (дуга прямої дії);

- між двома електродами без вмикання виробу в коло зварювального струму (дуга побічної дії);

- між двох електродів і виробом (комбінована дуга).

Дугове зварювання поділяють наступним чином: на ручне і автоматичне; плавким (металевим) електродом, при якому електрод дає додатковий (електродний) метал для заповнення шва, і неплавким електродом (вугільним, графітовим, вольфрамовим), при якому потрібен додатковий присадковий метал, що подається в зону дуги.

Основними різновидами дугового зварювання є аргоно-дугове зварювання, газоелектричне зварювання, зварювання під флюсом (ним захищають розплавлений метал від шкідливого впливу повітря), зварювання покритим електродом (з захисною обмазкою), плазмове зварювання.

Паяння, рідше лютування – процес формування з'єднання з міжатомними зв'язками шляхом нагрівання матеріалів, що паяються, нижче за температуру їхнього плавлення, подальшого змочування їх розплавленим припаєм, затікання припаю у проміжок між деталями з подальшою його кристалізацією.

Технологія паяння металу передбачає операцію зі створення нероз'ємних з'єднань. У разі між двома деталями вводять припій (розплавлений метал). За допомогою джерела тепла ми розігріваємо сплав до рідкого стану, але при цьому слідкуємо, щоб температура плавлення елементів, що з'єднуються, не перевищувалася.

У рідкому стані присадковий матеріал здатний якісно змочити краї деталей, після чого нагрівання припиняється та сплав охолоджується до твердого стану. Міцність з'єднання двох елементів залежить виключно від того, наскільки добре вдалося змочити краї під час нагрівання. Перш ніж переходити до подібної обробки, всі краї деталей, що з'єднуються, потрібно знежирити за допомогою флюсу або ультразвуку і зачистити від оксидів.

На способи паяння металу впливає не тільки тип припаю та спосіб його нагрівання, але також різні хімічні та механічні властивості. Умовно такий процес ділять на дві основні категорії – високо- та низькотемпературне електропаяння, що залежать від температури плавлення сплаву.

Високотемпературне паяння передбачає застосування твердого припаю, температура плавлення якого перевищує 450 °С. Головною його відмінністю є високий показник міцності та термостійкості з'єднання. За допомогою високотемпературного паяння можна забезпечити герметичне з'єднання

(сполуку), яке буде здатна працювати навіть за умов високого тиску. Найчастіше для нагрівання застосовуються індукційні ТВЧ та газові пальники.

Процес низькотемпературного паяння передбачає використання легкоплавких сплавів. Роль присадного матеріалу при паянні металу м'якими припаями відіграють сплави олова зі свинцем, зі сріблом або цинком. Найчастіше за допомогою низькотемпературної обробки металу можна займатися збиранням та виготовленням електронної техніки. М'яке паяння металу латунню не потребує серйозних витрат на витратні матеріали, проте з'єднання, що вийшло, не здатне витримати великого механічного навантаження. Серед інших видів паяння металу пальником або іншими джерелами тепла, найпоширенішим є паяння готовим припаєм. Його ще називають капілярним. Металева основа матеріалу присадки розплавляється, після чого відбувається процес кристалізації. Таку процедуру використовують як у виробництві, так і у побуті. Для реалізації такого методу знадобиться скористатися паяльником або пальником.

Композиційне паяння використовує композиційний вид припаю, тому що він включає не тільки основу з м'яких металів, але і тугоплавкі наповнювачі, які не розплавляються і заповнюють зазори, створюючи капілярну мережу. Таке паяння м'якими металами з наповнювачем дуже корисне при з'єднанні елементів з нерівномірними зазорами. Під реакційно-флюсовим паянням мається на увазі процес, під час якого утворення припаю обумовлено хімічною реакцією між металом і флюсом. Завдяки такому методу можна з'єднувати між собою не лише деталі з однакового металу, а й вироби із різнорідних сплавів. Ця методика не дуже популярна через недостатнє вивчення питання, складну технологію та потребу у великій кількості флюсу.

Таким чином, паяння сталі та інших металів відбувається завдяки нагрівальному обладнанню. Серед подібних пристроїв можна зустріти електричний паяльник, газовий пальник, індукційні джерела струмів НВЧ та ВЧ, а також будівельний фен.

2 Вимоги пожежної безпеки під час проведення вогневих робіт

Згідно статистичних даних, через порушення правил пожежної безпеки під час проведення різних вогневих робіт (електрогазозварювання, різка металу, паяльні роботи тощо) трапляється від 10 до 12 % виробничих пожеж.

Безпека при виконанні вогневих робіт здебільшого залежить від рівня професійної майстерності працівника, його знань та дотримання ним правил безпеки праці. Тому відповідно до «Порядку здійснення навчання населення діям у надзвичайних ситуаціях», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 26 червня 2013 р. № 444, особи, яких приймають на роботу, пов'язану з підвищеною пожежною небезпекою, повинні попередньо пройти спеціальне навчання (за програмою пожежно-технічного мінімуму). Працівники, які безпосередньо зайняті на роботах з підвищеною пожежною небезпекою, проходять один раз на рік перевірку знань відповідних нормативних актів з

пожежної безпеки, а посадові особи до початку виконання своїх обов'язків і періодично (один раз на три роки) – навчання та перевірку знань з питань пожежної безпеки. Інструктажі та перевірка знань проводяться у порядку, визначеному підприємством на основі вимог нормативно-правових актів у сфері цивільного захисту.

Вимоги під час підготовки до вогневих робіт. Згідно з Правилами пожежної безпеки в Україні, затвердженими наказом Міністерства внутрішніх справ України від 30 грудня 2014 р. № 1417, під час підготовки до проведення вогневих робіт необхідно дотримуватися таких загальних вимог:

1. Місця проведення зварювальних та інших вогневих робіт, пов'язаних із нагріванням деталей до температур, здатних викликати займання матеріалів та конструкцій, можуть бути постійними, які організуються у спеціально обладнаних для цього цехах, майстернях чи на відкритих майданчиках, а також тимчасовими, коли вогневі роботи проводяться безпосередньо в будинках, які зводяться або експлуатуються, спорудах та на території об'єктів при проведенні монтажних робіт.

2. Постійні місця проведення вогневих робіт визначаються наказами, розпорядженнями, інструкціями власника підприємства. Огороджувальні конструкції в цих місцях (перегородки, перекриття, підлоги) повинні бути з негорючих матеріалів.

3. Керівник підприємства чи структурного підрозділу, де проводяться вогневі роботи на тимчасових місцях (крім будівельних майданчиків та приватних домоволодінь), зобов'язаний оформити наряд-допуск на виконання тимчасових вогневих робіт. За наявності на підприємстві відомчої пожежної охорони наряди-допуски на виконання тимчасових вогневих робіт повинні бути погоджені з нею напередодні виконання робіт з установами відомчої пожежною охороною відповідного контролю.

4. Проведення вогневих робіт на постійних та тимчасових місцях дозволяється лише після вжиття заходів, які виключають можливість виникнення пожежі: очищення робочого місця від горючих матеріалів, захисту горючих конструкцій, забезпечення первинними засобами пожежогасіння (вогнегасником, ящиком з піском та лопатою). Вид та кількість первинних засобів пожежогасіння, якими повинно бути забезпечене місце робіт, визначаються з урахуванням вимог щодо оснащення об'єктів первинними засобами пожежогасіння і вказуються в наряді-допуску на виконання тимчасових вогневих робіт.

5. Після закінчення вогневих робіт виконавець зобов'язаний ретельно оглянути місце їх проведення, за наявності горючих конструкцій полити їх водою, усунути можливі причини виникнення пожежі.

6. Посадова особа, відповідальна за пожежну безпеку місць, де проводилися вогневі роботи, повинна забезпечити перевірку місця проведення цих робіт упродовж двох годин після їх закінчення. Про приведення місця вогневих робіт у пожежобезпечний стан виконавець та відповідальна за пожежну

безпеку посадова особа роблять відповідні позначки у наряді-допуску на виконання тимчасових вогневих робіт.

7. Технологічне обладнання, на якому передбачається проведення вогневих робіт, повинно бути приведене у вибухопожежобезпечний стан до початку цих робіт.

8. Місце проведення вогневих робіт має бути очищене від горючих речовин та матеріалів у радіусі, вказаному у таблиці:

Висота точки зварювання над рівнем підлоги, м	0–2	2	3	4	6	8	10	Понад 10
Мінімальний радіус зони, м	5	8	9	10	11	12	13	14

9. Розміщені в межах указаних радіусів будівельні конструкції, настили підлог, оздоблення з матеріалів груп горючості Г2, Г3, Г4, а також горючі частини обладнання та ізоляція мають бути захищені від потрапляння на них іскор металевими екранами, покривалами з негорючого теплоізоляційного матеріалу чи в інші способи і за необхідності политі водою.

10. Щоб уникнути потрапляння розпечених часток металу в суміжні приміщення, на сусідні поверхи, близько розташоване устаткування, всі оглядові, технологічні й вентиляційні люки, монтажні та інші отвори в перекриттях, стінах і перегородках приміщень, де здійснюються вогневі роботи, повинні бути закриті негорючими матеріалами.

11. Приміщення, в яких можливе скупчення парів ЛЗР, ГР та горючих газів, перед проведенням вогневих робіт мають бути провентильовані.

12. Двері, що з'єднують приміщення, де виконуються вогневі роботи, з суміжними приміщеннями, повинні бути зачинені.

13. Місце для проведення зварювальних та різальних робіт у будинках і приміщеннях, у конструкціях яких використані горючі матеріали, має бути огорожене суцільною перегородкою з негорючого матеріалу. При цьому висота перегородки повинна бути не менше 1,8 м, а відстань між перегородкою та підлогою – не більше 50 мм. Щоб запобігти розлітання розпечених часток, цей зазор повинен бути огорожений сіткою з негорючого матеріалу з розміром чарунок не більше 1 x 1 мм.

14. Під час проведення вогневих робіт у вибухопожежонебезпечних місцях має бути встановлений контроль за станом повітряного середовища шляхом проведення експрес-аналізів із застосуванням газоаналізаторів.

15. Під час перерв у роботі, а також у кінці робочої зміни зварювальну апаратуру необхідно відключати від електромережі, шланги від'єднувати і звільняти від горючих рідин та газів, а у паяльних лампах тиск має бути повністю знижений. Після закінчення робіт усю апаратуру й устаткування слід прибрати в спеціально відведені приміщення (місця).

16. Якщо організуються постійні місця проведення вогневих робіт більше ніж на десяти постах (зварювальні, різальні майстерні), має бути передбачене централізоване електро- та газопостачання.

17. У зварювальній майстерні за наявності не більше десяти зварювальних постів для кожного з них дозволяється мати по одному запасному балону з киснем та горючим газом. Запасні балони повинні бути огорожені щитами з негорючих матеріалів або зберігатися у спеціальних прибудовах до майстерні.

18. Вогневі роботи дозволяється проводити на відстані не ближче 15 м від відчинених отворів фарбувальних та сушильних камер. Місце зварювання слід огороджувати захисним екраном.

Під час виконання вогневих робіт забороняється виконувати наступні операції (дії):

- приступати до роботи при несправній апаратурі;
- розміщувати постійні місця для проведення вогневих робіт у пожежонебезпечних та вибухопожежонебезпечних приміщеннях;
- допускати до зварювальних та інших вогневих робіт осіб, які не мають кваліфікаційних посвідчень та не пройшли у встановленому порядку навчання за програмою пожежно-технічного мінімуму та щорічної перевірки знань з одержанням спеціального посвідчення;
- зварювати, різати або паяти свіжопофарбовані конструкції та вироби до повного висихання фарби;
- виконуючи вогневі роботи, користуватися одягом та рукавицями зі слідами масел та жирів, бензину, гасу й інших ГР;
- зберігати у зварювальних кабінах одяг, ГР та інші горючі предмети і матеріали;
- допускати стикання електричних проводів з балонами зі стисненими, зрідженими й розчиненими газами;
- виконувати вогневі роботи на апаратах і комунікаціях, заповнених горючими й токсичними матеріалами, а також на тих, що перебувають під тиском негорючих рідин, газів, парів та повітря або під електричною напругою;
- здійснювати вогневі роботи на елементах будинків, виготовлених із металевих конструкцій з горючими й важкогорючими утеплювачами.

Питання до самоконтролю:

1. Що таке газове зварювання?
2. Наведіть особливості технології плазмового зварювання.
3. Яким чином відбувається процес газової різки?
4. Опишіть метод різки кисневим списом.
5. Наведіть особливості процесу електродугового зварювання.
6. Опишіть метод високотемпературного паяння.
7. Вимоги пожежної безпеки під час підготовки до вогневих робіт.

ТЕМА 20. ПОЖЕЖОВИБУХОБЕЗПЕКА ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ ВИБУХОВИХ РОБІТ

Мета вивчення теми

Ознайомитися з особливостями вибухових технологій під час проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт, розглянути особливості дій підрозділів ОРС ЦЗ під час ліквідації наслідків НС (небезпечних подій) унаслідок вибуху, визначити основні заходи з пожежної безпеки при вогневому способі підриву.

План

1. Застосування вибухових технологій під час проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних роботах
2. Особливості дій підрозділів ОРС ЦЗ під час ліквідації наслідків НС (небезпечних подій) унаслідок вибуху
3. Вогневий спосіб підривання. Засоби і приладдя, що використовуються при вогневому способі підривання

Основні терміни

Вибухові (підривні, висаджувальні) роботи, підрозділи оперативно-рятувальної служби цивільного захисту України, деблокування постраждалих, вогневий спосіб підривання, капсуль-детонатор, вогнепровідний шнур.

1 Застосування вибухових технологій під час проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних роботах.

Вибухові (підривні, висаджувальні) роботи – роботи для промислових цілей та військових цілей, що виконуються за допомогою вибухових речовин (ВР) з метою руйнування твердих середовищ вибухом при видобуванні корисних копалин, проведенні гірничих виробок та у будівництві.

Вибухові технології під час проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних роботах (АРІНР) з найбільшим ефектом застосовуються в умовах [65]:

- ліквідації крижаних заторів і зажорів;
 - попередження та ліквідації наслідків паводків і повені;
 - попередження та ліквідації наслідків сходу лавин, селів, обвалів;
 - локалізації лісових і торф'яних пожеж;
 - ліквідації наслідків землетрусів та аварій на промислових підприємствах.
- Найбільш типовими операціями із застосуванням вибухових технологій є:
- повне або локальне руйнування залізобетонних, бетонних, кам'яних, цегляних, дерев'яних та інших споруд, промислових і житлових будинків;
 - створення проходів (лазів) у монолітних залізобетонних, кам'яних, цегляних, дерев'яних та інших конструкціях;
 - перебивання залізобетонних плит, труб, стовпів, дерев, інших окремих елементів та конструкцій, корчування пнів;

- улаштування проходів, проїздів, каналів, котлованів, вирв та інших заглиблень заданої конфігурації в скельних породах, мерзлих ґрунтах, грядкам'яній масі тощо;

- переміщення ґрунтових та інших мас з метою перекриття каналів, утворення гребенів, брустверів, дамб;

- захист мостів, шляхопроводів та інших об'єктів транспортної інфраструктури від пошкоджень під час льодоходу, ліквідація на водних об'єктах льодових та інших заторів, зажорів тощо.

Для виконання робіт, пов'язаних із застосуванням вибухових технологій, залучаються піротехнічні **підрозділи оперативно-рятувальної служби цивільного захисту України (ОРС ЦЗ)**.

Піротехнічні підрозділи проводять роботи з розвідки, вилучення, знешкодження, підйому, транспортування та знищення вибухонебезпечних предметів, що залишилися на території України після війн, сучасних боєприпасів та підричних засобів (крім вибухових пристроїв, що використовуються в терористичних цілях), знищення (утилізації) боєприпасів шляхом підричу, руйнування та обвалення будівель, споруд, ліквідації крижаних заторів та захисту гідротехнічних споруд від льодоходу, гасіння лісових пожеж шляхом влаштування мінералізованих (протипожежних) смуг за допомогою вибуху, будівництва дамб (котлованів) та інші вибухові роботи.

Особовий склад піротехнічних підрозділів має бути забезпечений касками та бронежилетами з класом захисту 6 або IV рівнем захисту і знаками розрізнення на бронежилетах особового складу піротехнічних підрозділів, а також індивідуальними медичними аптечками та іншим спорядженням, необхідним для виконання завдань згідно з нормами табельної належності, витрат і термінів експлуатації пожежнорятувального, технологічного і гаражного обладнання, інструменту, індивідуального озброєння та спорядження, ремонтно-експлуатаційних матеріалів підрозділів ДСНС.

Рішення про застосування вибухових технологій під час проведення АРІНР приймає Керівник робіт із НС. Рішення про застосування вибухових технологій оформлюється наказом ДСНС про проведення вибухових робіт.

Керівником вибухових робіт призначається керівник піротехнічного підрозділу або представник органу управління (підрозділу) ОРС ЦЗ, який має досвід проведення відповідних операцій із застосуванням вибухових технологій та допущений до виконання вибухових робіт.

Наказ про проведення вибухових робіт розробляє Штаб з ліквідації НС на підставі організаційно-технічної документації. Організаційно-технічну документацію на проведення вибухових робіт розробляє керівник піротехнічного підрозділу із залученням фахівців з необхідних напрямів залежно від виду підричних робіт.

У наказі про проведення вибухових робіт зазначається:

- мета проведення вибухових робіт;
- спосіб проведення вибухових робіт;

- сили та засоби, залучені до безпосередньої підготовки та проведення вибухових робіт, а також їх забезпечення та оточення району проведення цих робіт;
- порядок отримання, транспортування та зберігання (за потреби) вибухових речовин і засобів підризу;
- організація матеріально-технічного забезпечення, а також взаємодії з іншими підрозділами або місцевими органами влади та органами місцевого самоврядування, залученими до проведення вибухових робіт;
- керівник вибухових робіт та його заступники (помічники) за напрямками (забезпечення, оточення тощо);
- місце і час доведення до особового складу підрозділів, залучених до безпосередньої підготовки та проведення вибухових робіт, їх забезпечення та оточення району проведення заходів безпеки.

Вибухові роботи проводяться відповідно до організаційно-технічної документації та за суворого дотримання вимог чинного законодавства України.

На період проведення вибухових робіт особовий склад підрозділів ОРС ЦЗ та інших формувань відводиться на безпечну відстань.

Під час проведення вибухових робіт оформлюються такі організаційно-технічні документи:

- наряд-допуск на виконання підривних робіт;
- паспорт вибуху;
- план-графік підривних робіт;
- журнал обліку і видачі вибухових речовин та засобів підризу;
- схема підвезення вибухових речовин та засобів підризу, послідовності їх видачі та порядок охорони тимчасового складу вибухових речовин та засобів підризу.

Для оперативного оформлення організаційно-технічної документації в піротехнічному підрозділі ДСНС заздалегідь розроблюються типові паспорти вибуху для ліквідації наслідків НС, що характерні для зазначеного регіону та включають:

- схему розташування шпурів чи зовнішніх зарядів, найменування вибухових речовин та засобів підризу;
- відомості про спосіб заряджання, число шпурів, їх глибину та діаметр, масу та конструкцію зарядів, послідовність і кількість засобів підривання зарядів, відомості про матеріал забивки та її довжину, схему монтажу підривної електромережі, схему та час провітрювання забою;
- величину радіуса небезпечної зони (у тому числі за вражаючою дією уламків);
- місця укриття підривників та особового складу на період проведення підривних робіт;
- дані про розстановку постів оточення, розташування попереджувальних та заборонних знаків, що огорожують доступ до небезпечної зони та до місць підризу.

До паспорта додаються: ситуаційний план об'єкта в масштабі від 1 : 1000 до 1 : 2000 з нанесеними на ньому будівлями, спорудами, дорогами, наземними та підземними комунікаціями, лініями електропередач та іншими промисловими і цивільними об'єктами в районі провадження вибухових робіт; місцезнаходження й характеристики споруд, що охороняються, об'єктів, комунікацій; креслення будівельних конструкцій, що зруйнуються (у масштабі 1 : 200); інші необхідні матеріали, схеми та креслення.

Виконання завдань з нетехнічного та технічного обстеження територій на наявність ВВП, проведення піротехнічних робіт та гуманітарного розмінування, спеціальних вибухових робіт, транспортування виявлених ВВП, знешкодження (утилізацію) боєприпасів та інших ВВП, отримання, транспортування та зберігання (за потреби) вибухових речовин та засобів підризу здійснюють піротехнічні підрозділи згідно із законодавчими та іншими організаційно-розпорядчими документами.

2 Особливості дій підрозділів ОРС ЦЗ під час ліквідації наслідків НС (небезпечних подій) унаслідок вибуху

Унаслідок вибуху можливі руйнування будівель і споруд, утворення окремих завалів, виникнення нових вибухів і масштабних пожеж через промислові аварії, може статися замикання в електричних мережах, розгерметизація цистерн для зберігання займистих речовин, виникнення осередків ураження різними токсичними чинниками, ураження людей і тварин.

Під час зазначених аварій обстановка характеризується за такими параметрами:

- площа пожежі та зона теплової дії; ураження обслуговувального персоналу об'єкта і загроза населенню найближчих житлових будинків під час вибухів від вогню і задимлення;

- руйнування будинків, споруд і виникнення завалів;

- пошкодження зовнішнього і внутрішнього протипожежного водопостачання, стаціонарних систем пожежогасіння, технологічного обладнання тощо.

Дії підрозділу на пожежо- і вибухонебезпечному об'єкті включають насамперед проведення розвідки як на об'єкті, так і на прилеглий до нього території. Під час організації розвідки особлива увага звертається на можливість повторних вибухів, наявність постраждалих під час вибухів на об'єкті та в найближчих житлових будинках, ступінь руйнування будинків, споруд, місця виникнення завалів, наявність та справність зовнішнього протипожежного водопостачання, стаціонарних систем пожежогасіння тощо.

Під час проведення розвідки підрозділи ОРС ЦЗ:

- встановлюються райони та характер пожеж;

- визначаються основні напрямки введення сил і засобів для проведення АРІНР та гасіння пожеж;

- напрямок і швидкість поширення вогню, зони загазованості, наявність загрози населенню;
- межі району локалізації та гасіння пожеж;
- місцезнаходження потерпілих;
- наявність ділянок сильного задимлення, характер руйнування резервуарів (сховищ) і трубопроводів;
- місця можливого розливу нафтопродуктів і сильнодіючих отруйних речовин;
- наявність водоймищ, справних джерел водопостачання, запасів спеціальних вогнегасних речовин та стан під'їзних шляхів, безпечні місця зосередження сил і засобів, збору евакуйованих людей.

На основі даних розвідки проводиться оцінка обстановки та визначаються:

- заходи з організації рятування людей, порядку надання допомоги постраждалим та залучення для цього необхідних засобів;
- основні тактичні прийоми з ліквідації наслідків НС;
- рубежі локалізації і гасіння пожеж;
- напрямки і шляхи відходу особового складу в разі загрози вибуху або викиду нафтопродуктів;
- організація зовнішнього протипожежного водопостачання;
- засоби захисту особового складу від небезпечних факторів;
- необхідність проведення стабілізації будівельних та інших конструкцій.

Найважливішим завданням є пошук і деблокування постраждалих із зруйнованих будівель. **Роботи за технологічним принципом розподіляються на три основні види:**

- деблокування постраждалих, які перебувають під уламками будівельних конструкцій;
- деблокування постраждалих із замкнутих приміщень;
- рятування людей з верхніх поверхів зруйнованих будівель.

Виконання робіт з деблокування постраждалих здійснюється такими способами:

- послідовне розбирання завалів;
- влаштування лазів;
- утворення тунелю в ґрунті під завалом;
- пробивання отворів у стінах та перекриттях.

Під час виконання робіт, пов'язаних з ліквідацією аварії внаслідок вибуху, організуються заходи для захисту особового складу і техніки від ураження внаслідок можливого повторного вибуху (вибухова хвиля, осколки і уламки конструкцій, тепловий вплив, ураження органів дихання продуктами горіння).

Одночасно здійснюються заходи щодо рятування людей з палаючих, зруйнованих будинків і зон задимлення, надання їм домедичної та екстреної медичної допомоги, евакуації до закладів охорони здоров'я.

Аварійно-рятувальні та інженерні підрозділи роблять проїзди і проходи, здійснюють обвалування або відведення горючих (отруйних) рідин, що

розлилися, у безпечні місця, відключають пошкоджені цистерни (ємності), апарати, механізми і трубопроводи.

3 Вогневий спосіб підривання. Засоби і приладдя, що використовуються при вогневому способі підривання

Для підриву зарядів вибухових речовин (ВР) застосовуються наступні способи:

- вогневий;
- електричний;
- механічний;
- хімічний.

При вогневому та електричному способах може застосовуватися також підрив за допомогою детонуючого шнура. Механічний і хімічний способи підриву широко застосовуються в підривних пристроях різноманітних мін. При проведенні підривних робіт ці способи підриву, як правило, не застосовуються. Вогневий спосіб застосовується для підриву одиночних зарядів ВР або для різночасного підриву серій зарядів, коли вибух одного з них не може ушкодити інший заряд або іншу серію зарядів. При вогневому способі підрив зарядів здійснюється запальною трубкою, що складається з капсуля-детонатора і вогнепровідного шнура. Позитивною стороною вогневого підриву є його простота – він не потребує високої кваліфікації підривників, а також швидкість підготування об'єкта до вибуху. Недоліком цього способу є те, що він не дозволяє одночасно підірвати серію зарядів і здійснити вибух у точно встановлений час [66].

Вогневий спосіб підривання. Способи підривання зарядів характеризуються засобами підривання (ЗП, а за цивільною термінологією – ЗІ – засоби ініціації), які використовуються для здійснення вибухів. У вибуховій справі засоби підривання необхідні для того, щоб простий початковий імпульс енергії був проведений на деяку відстань (або через деякий час) до заряду або зарядів, і посилений так, щоб викликати безвідмовну ініціацію заряду (зарядів) ВР. У вогневому способі підривання (ВСП) цим первинним імпульсом є спалах вогню від сірника, спеціального запальника або пучок іскор від тліючого гніту. Від цього вогню запалюється вогнепровідний шнур, який підсилює імпульс і через деякий час, необхідний для відходу підривника від заряду в безпечне місце, доводить цей імпульс до капсуля-детонатора. Капсуль-детонатор перетворює горіння в детонацію, підсилює імпульс детонації до такого ступеня, щоб від нього безвідмовно детонувала бризантна ВР нормальної потужності (окрім литого тротилу). Якщо ж основний заряд складається з бризантної ВР зниженої потужності або з литого тротилу, то ВР нормальної потужності, наприклад пресований тротил, в даному випадку буде черговою передавальною і підсилюючою детонацію ланкою, яка називається проміжним детонатором. Проміжні детонатори можуть виготовлятися і з бризантних ВР підвищеної потужності (гексоген, тетрил). Всі ці ланки передачі, посилення і перетворення

первинного імпульсу, доведення його до вибуху основного заряду ВР прийнято називати вогневим ланцюгом. Вогневий ланцюг має місце в кожному способі підривання і в кожному остаточно спорядженому боєприпасі. В деяких випадках кінцевою метою є не детонація бризантної ВР, а займання порохового заряду. Тоді замість капсуля-детонатора (електродетонатора – при електричному способі підривання) застосовується капсуль-запальник (електрозапальник), який ініціює займання, але не детонацію.

Вогневий спосіб підривання здійснюється запальною трубкою (ЗТ), яка є з'єднанням капсуля-детонатора з відрізком вогнепровідного шнура. Запальовальні трубки дешевше виготовляти у підрозділах і запальовати сірниками, але при підриванні у складних умовах з високим ступенем надійності застосовуються запальні трубки, виготовлені промисловим способом (ЗТП) як єдине ціле разом із запальником. Безумовно, вони є дорожчими і їх не слід застосовувати там, де можна обійтися першими з вказаних запальних трубок. Вогневий спосіб підривання застосовують для підривання одиночних зарядів і рідше – для підривання декількох зарядів: він не може бути застосований, якщо неможливий або утруднений відхід підричника в безпечне місце, наприклад при проходженні шурфів у ґрунтах і скелі.

Переваги вогневого способу підривання – простота і швидкість його виконання, а також відсутність складних і коштовних пристосувань, приладів, засобів.

Недоліки даного способу:

- відносна небезпека для підричника, у зв'язку з безпосереднім перебуванням його в місці розташування зарядів під час займання вогнепровідних шнурів;

- неповна надійність підривання, зважаючи на неможливість перевірити якість вогнепровідного шнура, який використовується в кожній запальній трубці, й якість виготовлення запальної трубки;

- неможливість одночасного підриву серії зарядів, як би ретельно не було відміряно довжину відрізків вогнепровідного шнура, тому при підриванні декількох зарядів вони мають розташовуватися один від одного на такій відстані, щоб вибух одного заряду не пошкодив (не зрушив, не розкидав) сусідні заряди.

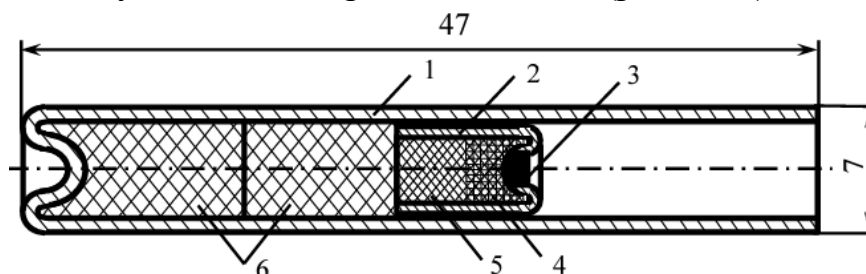
Засоби і приладдя, які використовуються при вогневому способі підривання. При вогневому способі підривання використовуються наступні засоби і приладдя:

- капсулі-детонатори (КД);
- вогнепровідний шнур (ВШ);
- запальовальний (тліючий) гніт (ТГ);
- сірники звичайні або сірники підричника (тліючі).

Перші з двох засобів підривання містять ВР, тому є засобами чіткої звітності, на них розповсюджуються всі вимоги щодо зберігання, обліку, звітності, відповідальності (у тому числі й кримінальної) і т.п., як і до ВР. Інші два засоби такими не є.

Для полегшення роботи з підготовки до вибуху існує також приладдя, до якого відносяться: обтиск; ніж саперний (або інші); ізоляційна стрічка; шпагат.

Капсулі-детонатори (КД) призначені для ініціювання проміжних або основних зарядів майже всіх сучасних бризантних ВР як безпосередньо, так і через ініціювання мережі детонуючого шнура. КД має й інші призначення, але вони не зі сфери чистої вибухової справи і тут не розглядаються. У військах (силах) основним капсулем-детонатором є КД-№ 8А (рис. 20.1).



1 – алюмінієва гільза; 2 – алюмінієва чашка; 3 – шовкова або капронова сіточка; 4 – тенерес; 5 – азид свинцю; 6 – бризантна ВР підвищеної потужності (тетрил, гексоген або тен)

Рисунок 20.1 – Капсуль-детонатор КД № 8А

Капсуль-детонатор є алюмінієвою гільзою внутрішнього діаметра близько 6,5 мм, закритою з одного торця і відкритою з іншого, в яку запресовано 1,02 г бризантної ВР підвищеної потужності (тетрил, гексоген або тен). Потім у гільзі, приблизно в її середині, запресовано мовби перевернену, також алюмінієву, чашку з ініціюючою ВР у складі: знизу (з боку бризантної ВР підвищеної потужності) – 0,2 г азиду свинцю, зверху – 0,1 г тенересу.

Приблизно половина гільзи з боку відкритого кінця – порожня. Чашка з боку порожньої частини гільзи має невеликий отвір, прикритий зсередини чашки тонкою шовковою або капроною сіточкою, що оберігає КД від висипання ініціюючої ВР. Закритий торець має кумулятивну виїмку, у напрямі якої імпульс детонації є набагато сильнішим, ніж в інших напрямках.

Принцип дії КД-8А за основним призначенням: у капсульдетонатор з боку порожньої частини гільзи вводиться відрізок вогнепровідного шнура. Пучок іскор з ВШ, який повністю прогорів, за певний час (що забезпечить відхід підричника на безпечну відстань) пропалює сіточку і викликає детонацію тенересу. Не дуже сильний імпульс детонації тенересу посилюється детонацією від нього азиду свинцю і ще більше посилюється, у свою чергу, детонацією бризантної ВР підвищеної потужності, стаючи достатнім для підривання КД.

Таким чином, сам КД-№ 8А містить три ланки вогняного ланцюга. Азид свинцю без тенересу в КД-№ 8А не застосовують тому, що він недостатньо надійно реагує на вогонь, а тенерес самостійно не використовується тому, що не володіє необхідною ініціюючою потужністю.

Вибух КД може бути викликаний, окрім розглянутого випадку, також:

- полум'ям капсуля-запальника стандартної запалювальної трубки або запалу інженерної міни (у деяких мінах застосовуються КД-№ 8А як безпосередньо, так і в єдиному виробі з капсулем-запальником, – тоді ці вироби іменуються запалами);

- вибухом детонуючого шнура;
- полум'ям електрозапальника.

Окрім розглянутого капсуля-детонатора, у військовий час можуть використовуватись його аналоги, які в мирний час застосовуються в народному господарстві (у військах (силах) вони в мирний час на постачанні не знаходяться, головним чином через менший термін зберігання): це КД-№ 8М (з мідною гільзою), КД-№ 8С (зі сталевією гільзою) і КД-№ 8Б (з паперовією гільзою). У них в мідній або латунній чашці як ініціююча ВР використовується 0,5 г гримучої ртуті. У КД цього типу в отворі чашки може не бути прикриваючої сітки. Взаємозамінності ініціюючих ВР між КД-№ 8А й іншими із вказаних КД не може бути, тому що гримуча ртуть хімічно взаємодіє з алюмінієм, а азид свинцю, навпаки, з міддю.

Розміри різних КД дещо відрізняються один від одного, але вогнепровідний або детонуючий шнур будь-якого зразка без зусилля вставляється в гільзу будь-якого КД, а будь-який КД також вставляється в запалювальне гніздо будь-якої підривної шашки або стандартного заряду ВР.

Капсулі-детонатори надзвичайно чутливі до незначних зовнішніх дій. Вони легко можуть вибухнути від удару, іскри, нагрівання, тертя по ініціюючому складу, а також від сплюснення гільзи, тому поводитися з капсулями-детонаторами слід дуже обережно. Не можна упускати їх, ударяти по них. Капсулі-детонатори слід оберігати від вологи, особливо споряджені гримучою ртуттю, – зберігати їх треба в сухих місцях окремо від вибухових речовин. Капсулі-детонатори зберігаються і перевозяться в картонних коробках по 50 штук або металевих коробках по 100 штук у вертикальному положенні дульцем вгору. 40 штук картонних або 20 штук металевих коробок (тобто 2000 КД) укладено в запаяний металевий (цинковий) ящик, яких в дерев'яному ящику 2 штуки. До місць виконання підривних робіт КД доставляються в тій же упаковці або у спеціальних дерев'яних пеналах по 10 штук, які переносяться в сумках окремо від ВР. Забороняється переносити КД в кишенях. КД закордонного виробництва принципово не відрізняються за своєю будовою від вітчизняних, але деякі з них мають дещо меншу масу бризантної ВР підвищеної потужності, інші не мають кумулятивних виїмок гільзи. Непридатні КД знищуються партіями не більше 1000 штук одночасно накладним зарядом з бризантною ВР. При цьому для запобігання розльоту КД укладаються у траншею або у штатній упаковці, або поміщаються в яку-небудь коробку, де вони мають щільно лежати, або загортаються в паперову або матер'яну оболонку. Спосіб підривання – електричний.

КД, що відмовили, як правило, знищуються накладними зарядами на місці відмови разом із зарядами, в які їх було вставлено, без зрушування з місця цих зарядів. При цьому спосіб підривання той самий, що і при виконанні основного завдання. Невитрачені або резервні запалювальні трубки (ЗТ) знищуються (за рішенням керівника підривних робіт). При цьому особлива увага приділяється надійності засипки (укриття) КД від можливого попадання іскор при займанні запалювальної трубки, якщо застосовується вогневий спосіб підривання. У

практичній діяльності більшість підривів людей при знищенні залишків вибухових матеріалів траплялися через ігнорування саме цього положення запобіжних заходів.

Для навчання військ (сил) застосовуються учбові КД-№ 8А. Вони мають такі ж розміри, як і бойові, але заповнені інертною речовиною. На гільзі є біла смуга (поясочок) шириною 3-5 мм, а у дні гільзи – отвір, закритий картонним кружком зеленого кольору. Вогнепровідний шнур призначений для ініціації КД і порохових зарядів.

Основна марка вогнепровідного шнура, що застосовується у військах (силах) для виготовлення запалювальних трубок, – ВШП. Він складається зі слабкоспресованої серцевини дрібнозернистого димного пороху з направляючою ниткою в середині. Порохова серцевина поміщена в оплетення з декількох шарів бавовняних або льняних ниток; оплетення, у свою чергу, знаходиться усередині пластикатової оболонки білого або сірувато-білого кольору.

В аббревіатурі “ВШП” буква “П” позначає матеріал зовнішньої оболонки. Зовнішній діаметр ВШП 5-6 мм. Швидкість горіння ВШП в повітрі становить 1 м/с або трохи менше (60 см ВШП повинні згорати за 60-70 сек.). ВШП горить і під водою, де швидкість його горіння є вищою, ніж на повітрі, причому чим глибше, тим швидше шнур горить (через збільшення тиску на глибині). На глибині 5 м збільшення швидкості горіння ВШП зазвичай 20-30%, але іноді може досягати 50%. ВШП може горіти під водою і на більшій глибині, але тоді швидкість його горіння непередбачувана, можливі пробої, тобто практично миттєве прогорання ділянок шнура, тому на глибинах більше 5 м ВШП не використовують. ВШП зберігається в бухтах по 10 м; кінці шнура в бухтах зазвичай просочені або заліплені воском для запобігання відмоканню порохової серцевини за незадовільних умов зберігання шнура. 100 бухт ВШП зберігаються в дерев'яному ящику.

Вже знято з постачання військ (сил), але у військовий час можуть застосовуватися (оскільки використовуються в цивільній промисловості) вогнепровідні шнури марок ВША і ОШДА – асфальтований і подвійно асфальтований, що відрізняються від ВШП оболонкою. ВША має оболонку з бавовняних або льняних ниток, просочених асфальтовою мастикою (гудроном), тому колір шнура – сіро-чорний. Не дивлячись на таке просочення, цей шнур не застосовують у сирих місцях під водою.

ОШДА за такого самого діаметра, як і ВША, і не відрізняючись зовні, має подвійну асфальтову оболонку, тому її водоізолюючі властивості є кращими, ніж у ВША, і шнур ОШДА може застосовуватися під водою. Всі характеристики ВША і ОШДА такі самі, як і у ВШП (за винятком незастосування ВША під водою). Випускається також вогнепровідний шнур ВШП-ПГ (повільного горіння) у пластикатовій оболонці сірувато-блакитного кольору. Його серцевина не порохова, а має багатокomпонентний склад жовтого кольору. Швидкість горіння ВШП-ПГ – 1 см за 3 сек. Самостійно цей шнур не застосовується, тільки у складі деяких запальних трубок промислового виготовлення, бо ВШП-ПГ дорожче у виробництві, а оскільки інтенсивність горіння його нижчою, ніж у

розглянутих аналогів, – запалити його звичайним способом важче. Зберігати вогнепровідний шнур потрібно в сухих прохолодних місцях і захищати: - від вологості – шляхом закладення кінців (воском, мастикою, ізоляційною стрічкою), оскільки його серцевина (димний порошок) відмокає і стає непридатною; - від жару, оскільки шнур, який сильно нагрівся (за температури $+45^{\circ}\text{C}$ і більше), втрачає герметичність унаслідок утворення здуття на оболонці; - від зіткнення з оливами, жирами, бензином або гасом, які ушкоджують оболонку; - від механічних дій, які можуть пошкодити оболонку або порушити цілісність порохової серцевини. При застосуванні вогнепровідного шнура на морозі (де за температури нижче -15°C він втрачає еластичність) слід уникати перегинів шнура, оскільки це може призвести до його зламу. Перед застосуванням вогнепровідний шнур оглядають, і якщо на поверхні його оболонки виявляються тріщини, переломи, сліди, підмочування, кошлатості й інші пошкодження і несправності, то такий шнур вважається непридатним для роботи. Кінці шнура в бухті завдовжки по 10-15 см відрізують.

Обтиск. Головне призначення обтиску – надійне закріплення капсуля-детонатора на вогнепровідному шнурі. Обтиск старого зразка тільки для цього і призначався. Нові зразки обтиску, названі комбінованим обтиском (рис. 2.3), призначені для виконання багатьох операцій у різних сферах діяльності сапера, дуже схожі на плоскогубці і можуть використовуватися замість них. Вони виготовляються двох видів, що відрізняються рукоятками: один з видів має фанеровані ізоляційним пластиком рукоятки, що дозволяють працювати таким обтиском в електромережах під напругою; інший не має ізоляції на рукоятках, зате одна з його рукояток закінчується прямою викруткою, інша – загострена на зразок товстого шила. Головна інструментальна частина обох видів комбінованого обтиску є однаковою і включає власне обтиск для капсулів-детонаторів, кусачки для шнура і мідного або алюмінієвого дроту в ізоляції, кусачки для голого дроту, плоскогубці.

Не слід працювати універсальним обтиском по сталі (висмикувати або забивати цвяхи, скручувати гайки, кусати сталистий дріт), оскільки вони виготовлені з крихкої високовуглецевої сталі і легко ламаються від непередбачених для них, а також ударних навантажень.

При вогневому способі підриву необхідно виконувати наступні заходи безпеки:

- отримавши вогнепровідний шнур, перевірити швидкість його горіння;
- вести чіткий облік запалювальних трубок і капсулів-детонаторів і видавати їх тільки перед установкою у заряди;
- вести облік зарядів, що вибухають, щоб перевірити, чи не було відмов;
- до зарядів, що відмовили, підходити не раніше ніж через 15 хвилин;
- при підході до зарядів, що відмовили, спостерігати, чи немає ознак горіння шнура або самих зарядів;
- при підриві зарядів запалювальними трубками кількість підривників для їх запалювання визначати залежно від відстаней між зарядами, дистанції відходу

і часу горіння запалювальних трубок; одній людині дозволяється підпалювати не більше п'яти трубок;

- перед підпалюванням запалювальних трубок слід подавати **ПОПЕРЕДЖУВАЛЬНИЙ!** сигнал (один протяжний), за яким підрильники обрізають вільний кінець запалювальної трубки під гострим кутом, стають біля зарядів і готуються до запалювання шнура;

- підпалювання проводиться за «**БОЙОВИМ!**» сигналом (два протяжних);

- після підпалювання проводиться організований відхід (термін горіння шнура, що залишається, має забезпечити відхід усіх підрильників в укриття або на безпечну відстань);

- відходити за цією командою повинні усі підрильники, у тому числі й ті, що не встигли запалити трубки;

- підриникам, що підпалюють запалювальні трубки індивідуально (не у складі розрахунку), слід, переконавшись у горінні трубки, відходити самостійно, не очікуючи команди на відхід;

- загаслий вогнепровідний шнур удруге не підпалювати.

При роботі з детонуючим шнуром необхідно виконувати такі заходи безпеки:

- під час проведення підготовчих робіт шнур має знаходитися у затінку;

- якщо заряди, з'єднані ДШ, дали відмову, підходити до них дозволяється тільки одній людині і не раніше, ніж по закінченні 15 хвилин;

- при підході до зарядів, що відмовили, необхідно перевіряти відсутність ознак горіння детонуючого шнура і самих зарядів;

- за наявності таких ознак підходити до зарядів забороняється;

- при підриві групи зарядів, з'єднаних детонуючим шнуром, перевірку результатів вибуху має робити тільки одна людина.

Питання до самоконтролю:

1. Які роботи відносять до «вибухових робіт»?
2. Наведіть перелік типових операцій із застосуванням вибухових технологій.
2. Наведіть основні організаційно-технічні заходи безпечного проведення вибухових робіт.
3. Які особливості дій під час ліквідації наслідків НС унаслідок вибуху?
4. Опишіть вогневий спосіб підриву: переваги і недоліки.
5. Наведіть принцип дії капсуль-детонатора КД-8А.
6. Які заходи безпеки використовують при вогневому способі підриву?

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Як війна впливає на природу України та чому збереження й відновлення природних екосистем є важливим у повоєнному відновленні. URL: <https://ecoaction.org.ua/iak-vijna-vplyvaie-na-pryrodu.html> (дата звернення 20.10.2023).
2. Кузик А.Д., Товарянський В.І. Вплив воєнних дій на лісові екосистеми України та їх післявоєнне відновлення. *Вісник ЛДУБЖД*. №27. 2023. С.16-22.
3. Аналітична довідка про пожежі та їх наслідки в Україні. URL: <https://idundcz.dsns.gov.ua/upload/1/7/6/3/3/8/9/analychna-dovidka-pro-pojeji-032023.pdf> (дата звернення 20.10.2023).
4. Кодекс цивільного захисту України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17#Text> (дата звернення 20.10.2023).
5. Правила пожежної безпеки в Україні. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0252-15#Text> (дата звернення 20.10.2023).
6. Основна документація з питань пожежної безпеки. URL: <https://pbg.com.ua/osnovnaya-dokumentatsiya-po-voprosam-pozharouy-bezopasnosti/> (дата звернення 21.10.2023).
7. Відповідальність за порушення правил пожежної безпеки. URL: <https://solutio.com.ua/uk/yurydychni-posluhy/advokat-z-kryminalnyh-sprav/vidpovidalnist-za-porushennya-pravyi-pozhezhnoyi-bezpeky> (дата звернення 21.10.2023).
8. Кодекс України про адміністративні правопорушення. URL: https://ips.ligazakon.net/document/view/KD0005?ed=2017_08_04 (дата звернення 21.10.2023).
9. Кримінальний кодекс України. URL: https://ips.ligazakon.net/document/view/T012341?ed=2017_08_04&an=1428 (дата звернення 21.10.2023).
10. Рожков А.П. Пожежна безпека : навч. посіб. для внз. Київ : Пожінформтехніка, 1999. 255 с.
11. Горіння. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%BE%D1%80%D1%96%D0%BD%D0%BD%D1%8F> (дата звернення 01.11.2023).
12. ДСТУ 8829:2019 Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=82139 (дата звернення 10.11.2023).
13. Характеристика типових причин пожеж та джерел запалювання електричного походження. URL: <http://univer.nuczu.edu.ua/e-books/326/740.html> (дата звернення 01.12.2023).
14. Пожежна профілактика технологічних процесів та апаратів. URL: http://academy.arbu.edu.ua/e-books/book_10/1156.html (дата звернення 01.12.2023).

15. Правила улаштування електроустановок. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0476732-17#Text>. (дата звернення 10.12.2023).
16. Комплекс заходів та засобів з пожежної безпеки. URL: <http://surl.li/qfadr> (дата звернення 10.12.2023).
17. Пожежна безпека. Загальні положення. URL: https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dstu_8828_2019.pdf (дата звернення 10.12.2023).
18. Фесенко Г.В. Основи пожежної безпеки : конспект лекцій. Харків : ХНУМГ, 2013. 62 с.
19. Навчання з питань пожежної безпеки. URL: <https://propor.com.ua/article/1020-navchannya-z-pitan-rojejno-bezpeki>» (дата звернення 22.12.2023).
20. ДСТУ Б В.1.1-36:2016. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=65419 (дата звернення 22.12.2023).
21. Класи вибухонебезпечних зон. URL: <https://vatra.in.ua/info/statti/klassy-vybukhonebezpechnykh-zon/>
22. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги <https://eurobud.ua/wp-content/uploads/2022/08/dbn-v.1.1-7-2016-pozhezhna-bezpeka-obyektiv-budivnytstva.pdf> (дата звернення 22.12.2023).
23. Підвищення вогнестійкості будівельних конструкцій. URL: <https://studfile.net/preview/5157322/page:100/> (дата звернення 27.12.2023).
24. Як утримувати шляхи евакуації: вимоги пожежної безпеки. URL: <http://www.pmg.u.ua/?p=5808> (дата звернення 27.12.2023).
25. Кулаков О. В., Росоха В. О. Електротехніка та пожежна профілактика в електроустановках : підручник. Харків : Національний університет цивільного захисту України, 2012. 362 с.
26. ІЕС 62305-1. International standard. Міжнародний стандарт. URL: <https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dstu-en-62305-1-2012.pdf> (дата звернення 04.01.2024).
27. Вільсон О.Г. Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд : методичні рекомендації до виконання розрахунково-графічної роботи та індивідуальних завдань з охорони праці. Київ : КНУБА, 2020. 36 с.
28. Березюк О. В., Лемешев М. С., Заюков І. В., Королівська С. В. Безпека життєдіяльності : практикум. Вінниця : ВНТУ, 2017. 99 с.
29. Вогнегасні речовини та технічні засоби протипожежного захисту. URL: https://nuczu.edu.ua/images/topmenu/kafedry/kafedra-viiskovoi-pidhotovky/distant-content/ppvo/Zanytie_7.pdf (дата звернення 10.01.2024).
30. Вогнегасники: види, принцип роботи, правила використання. URL: <https://www.bezpeka-shop.com.ua/blog/poleznye-sovety/ognetushiteli-vidy-printsip-raboty-pravila-ispolzovaniya/> (дата звернення 10.01.2024).

31. ДСТУ EN 54-27:2021 Системи пожежної сигналізації та оповіщення. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=94448 (дата звернення 15.01.2024).
32. Нормативні акти з пожежної безпеки та систем протипожежного захисту. URL: <https://antifire.ua/zakon-1-8> (дата звернення 18.01.2024).
33. Принцип роботи систем пожежогасіння. URL: <https://klaster.ua/ua/statii-obzory/raznovidnosti-i-princip-raboty-sistemy-pozharotusheniya/> (дата звернення 19.01.2024).
34. A Brief History of Fire Sprinklers. URL: <https://www.thoughtco.com/fire-sprinkler-systems-4072210> (дата звернення 19.01.2024).
35. Спринклерна система водяного пожежогасіння. URL: <https://bk.com.ua/index.php?page=8&cid=114&pid=333> (дата звернення 19.01.2024).
36. Дренчер Minimax MXD-RD21. URL: <https://antifire.ua/drencher-minimax-mxd-rd21-rozetkoynu-vnyz-k-14-115> (дата звернення 19.01.2024).
37. Дренчерна система пожежогасіння. URL: <https://fire-stop.com.ua/ua/water/deluge/> (дата звернення 19.01.2024).
38. Дренчерна система водяного пожежогасіння. URL: <https://bk.com.ua/index.php?page=8&cid=114&pid=334> (дата звернення 19.01.2024).
39. Розробка систем порошкового пожежогасіння від надійного партнера! URL: <https://antifire.ua/firefighting-3-powder> (дата звернення 19.01.2024).
40. Система NAFFCO. URL: <https://www.naffco.com/qa/ua/products/view/powder-based-extinguishing-system> (дата звернення 20.01.2024).
41. Система газового пожежогасіння від надійного партнера! URL: <https://antifire.ua/firefighting-2-gas> (дата звернення 20.01.2024).
42. Механічна обробка: посібник для початківців з механічної обробки. URL: <https://www.epowermetals.com/uk/machining-beginners-guide-to-machining.html> (дата звернення 22.01.2024).
43. Пожежна профілактика технологічних процесів: підручник / Н. О. Ференц, Ю. Е. Павлюк. Львів : ЛДУ БЖД, 2019. 332 с.
44. Кусковець С.Л., Кухнюк О.М., Крусск С.І., Шаталов О.С. Основи пожежної безпеки виробництв. Частина 2. Забезпечення пожежної безпеки типових технологічних процесів: навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2016. 175 с.
45. Зберігання та дистрибуція нафти, нафтопродуктів і газу: навчальний посібник / Л.Н. Ширін, О.В. Денищенко, С.Є. Барташевський, Є.А. Коровяка, В.О. Расцветаєв. Дніпро : НТУ«ДП», 2019. 306 с.
46. Процеси підземного зберігання газу : підручник / М.А. Дудля, Л.М. Ширін, Е.А. Федоренко. Дніпро : Національний гірничий університет, 2012. 412 с.
47. Підземне сховище газу. URL: <https://efront.in.ua/pidzemni-shovyshhagazu-psg/> (дата звернення 24.01.2024).

48. Підземні резервуари, ємності в Україні. URL: <https://sbk.ltd.ua/uk/tehnichna-dokumentatsija/100-rezervuary-ukraina-emkosti-podzemnye-drenazhnye-er-err.html> (дата звернення 25.01.2024).
49. Григоров А.Б. Зберігання нафти та нафтопродуктів в умовах нафтобаз. Харків-Тернопіль : НТУ «ХП», Видавництво «Крок», 2022. 184 с.
50. Пожежна безпека складів твердого палива. URL: <https://orpb.com.ua/articles/pozhezhna-bezpeka-skladiv-tverdogo-palyva> (дата звернення 26.01.2024).
51. Загальний курс транспорту. URL: <https://subjectum.eu/technology/transport/204.html> (дата звернення 26.01.2024).
52. Стрічкові конвеєри (транспортери). URL: <https://greens-sumu.prom.ua/ua/p642946716-transporter-lentochnyj-naklonnyj.html> (дата звернення 26.01.2024).
53. Пожежна безпека процесів нагрівання водяною парою. URL: <https://jak.koshachek.com/articles/pozhezhna-bezpeka-procesiv-nagrivannja-vodjanoju.html> (дата звернення 27.01.2024).
54. Розробка системи автоматизації трубчастої нагрівальної печі. URL: https://studwood.net/1661408/tovarovedenie/vimogi_elektroobladdannya (дата звернення 27.01.2024).
55. Пожежна профілактика технологічних процесів. URL: <https://present5.com/rozdil-2-pozhezhna-profilaktika-texnologichnix-procesiv-tema-11/> дата звернення 28.01.2024).
56. Поджарський М.А. Теоретичні основи процесів сорбції : конспект лекцій. Дніпро : РВВ ДНУ, 2007. 40 с.
57. Роянов О.М. Пожежна безпека виробництв : курс лекцій для здобувачів вищої освіти за спеціальністю 263 «Цивільна безпека» спеціалізації «Охорона праці» денної та заочної форми навчання. Освітній ступінь «бакалавр». Харків : НУЦЗУ, 2016. 374 с.
58. Білим П. А. Пожежна безпека технологічних процесів : конспект лекцій для студентів усіх форм навчання першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 263 Цивільна безпека. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. 27 с.
59. Правила охорони праці у газовому господарстві підприємств чорної металургії. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/RE17399?an=1861> (дата звернення 30.01.2024).
60. НПАОП 40.1-1.21-98 (ДНАОП 0.00-1.21-98). Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. URL: http://sop.zp.ua/norm_praop_40_1-1_21-98_01_ua.php (дата звернення 30.01.2024).
61. Манідіна Є.А., Белоконь К.В. Безпека технологічних процесів та обладнання : навч.-метод. посіб. для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності 263 «Цивільна безпека» освітньо-професійної програми «Охорона праці». Запоріжжя : Запорізький національний університет, 2022. 133 с.

62. Пожежовибухонебезпека твердопаливних систем теплових електростанцій. URL: <https://events.pstu.edu/konkurs-energy/wp-content/uploads/sites/2/2019/03/%D0%A2%D0%95%D0%A1.pdf> (дата звернення 01.02.2024).

63. Михайлюк О.П., Олійник В.В., Кріса І.Я., Білим П.А., Тесленко О.О. Пожежна безпека об'єктів підвищеної небезпеки : навч. посіб. Харків : УЦЗУ, 2010. 343 с.

64. Забезпечення пожежної безпеки під час проведення вогневих робіт. URL: <https://euroservis.com.ua/ua/obespechenie-pozharnoy-bezopasnosti-pri-provedenii-ognevukh-rabot/> (дата звернення 02.02.2024).

65. Статут дій у надзвичайних ситуаціях органів управління та підрозділів оперативно-рятувальної служби цивільного захисту. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0801-18#Text> (дата звернення 04.02.2024).

66. Барбашин В.В., Назаров О.О., Рютін В.В., Толкунов І.О. Основи організації піротехнічних робіт : навч. посіб. Харків: ВРВД УЦЗУ, 2010. 353 с.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна:

1. Пожежна профілактика технологічних процесів : підручник / Н. О. Ференц, Ю. Е. Павлюк. Львів : ЛДУ БЖД, 2019. 332 с.
2. Зберігання та дистрибуція нафти, нафтопродуктів і газу: навч. посіб. / Л.Н. Ширін, О.В. Денищенко, С.Є. Барташевський, Є.А. Коровяка, В.О. Расцветаєв. Дніпро : НТУ«ДП», 2019. 306 с.
3. Білим П. А. Пожежна безпека технологічних процесів : конспект лекцій для студентів усіх форм навчання першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 263 Цивільна безпека. Харків : ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2021. 27 с.

Додаткова:

1. Шурина І.А., Комарницький Я.О. Забезпечення пожежної безпеки на об'єктах різноманітного призначення : методичні рекомендації. Львів : НУ «Львівська політехніка», 2020. 57 с.
2. Вільсон О.Г. Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд : методичні рекомендації до виконання розрахунково-графічної роботи та індивідуальних завдань з охорони праці. Київ : КНУБА, 2020. 36 с.
3. Рожков А.П. Пожежна безпека та цивільний захист : poradnik для голів та управлінців освітою територіальних громад / за заг. ред. Грищенко А.А., Мацокіна А.К. Київ : Швейцарсько-український проєкт DECIDE – «Децентралізація для розвитку демократичної освіти», 2022. 72 с.
4. Рижков В. Г., Белоконь К. В., Манідіна Є. А., Цимбал В. А. Радіаційна безпека у чорній металургії: контроль брукхту, дефектоскопія, контрольовимірювальні прилади, пожежні датчики. *Збірник наукових праць «Металургія»*. 2021. № 2. С. 112-120.
5. Манідіна Є. А., Белоконь К. В., Румянцев В. Р., Гордиман О. М. Особливості застосування радіоактивних ізотопів у пожежних датчиках. *Збірник наукових праць «Металургія»*. 2023. № 1. С. 12-16.
6. ДСТУ 8302:2015. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. [Чинний від 2016-07-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 16 с. (Інформація та документація).
7. ДСТУ 3008:2015. Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання. [На заміну ДСТУ 3008-95; чинний від 2017-07-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 26 с. (Інформація та документація).

Інформаційні джерела:

1. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення. URL: https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dstu_8828_2019.pdf (дата звернення: 01.12.2023).
2. ДСТУ 8829:2019 Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація. URL:

<https://www.alutal.com.ua/wp-content/uploads/2021/02/dstu-8829-2019-1.pdf> (дата звернення: 01.12.2023).

3. ДСТУ 2272:2006 Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять. https://ammokote.com/wp-content/uploads/2020/08/DSTU_2272_2006.pdf (дата звернення: 01.12.2023).

4. ДСТУ 2273:2006 Протипожежна техніка. Терміни та визначення 11 основних понять. https://antifire.ua/ua/dbn/20-dstu_2273_2006.pdf (дата звернення: 01.12.2023).

5. ДСТУ 4297:2004 Пожежна техніка. Технічне обслуговування вогнегасників. Загальні технічні вимоги. URL: https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/pdf/pozhezhna_tekhnika._tekhnichne_o-3-51525.pdf (дата звернення: 01.12.2023).

6. ДСТУ 3734-98 Пожежна техніка. Вогнегасники пересувні. Загальні технічні вимоги. https://dnaop.com/html/41016/doc-%D0%94%D0%A1%D0%A2%D0%A3_3734-98 (дата звернення: 19.12.2023).

7. ДСТУ EN 62305-2:202_ (EN 62305-2:2011, IDT). Блискавкозахист. Частина 2. Порядкування ризиком. https://usptb.org/upload/docs/2020/en_62305-2_completed.pdf (дата звернення: 01.12.2023).

8. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759 (дата звернення: 01.12.2023).














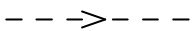
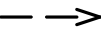
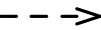
9. НАПБ А.01.001-2014 Правила пожежної безпеки в Україні. URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/z0252-15> (дата звернення: 01.02.2023).

10. ДБН Б.2.2-12:2019 Планування і забудова територій. URL: <https://dreamdim.ua/wp-content/uploads/2019/07/DBN-B22-12-2019.pdf> (дата звернення: 01.12.2023).

11. ДБН В 1.1-7-2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. URL: <https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/28a25142ab16479b848fd157e102a044.pdf> (дата звернення: 01.12.2023).

12. ДБН В.2.5-56-2014 Інженерне обладнання будинків і споруд. Системи протипожежного захисту. URL: <https://etz.com.ua/systemy-protypozhezhnogo-zahystu/> (дата звернення: 01.12.2023).

ДОДАТОК
ОСНОВНІ ГРАФІЧНІ УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ, ЩО
ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ НА СХЕМАХ ЕВАКУАЦІЇ

№ з/п	Найменування	Символ	Інші символи
1	Переносний вогнегасник		
2	Переносний водяний вогнегасник		
3	Переносний АВС-порошковий вогнегасник	  	
4	Переносний вуглекислотний вогнегасник	  	
5	Пересувний ВС-вогнегасник		
6	Телефон		
7	Ручний пожежний сповіщувач		
8	Кран пожежний		
9	Головний евакуаційний шлях		
10	Запасний евакуаційний шлях		
11	Основний вихід		
12	Запасний вихід		
13	Знак просторової орієнтації «Ви перебуваєте тут»		