НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

СУЧАСНІ ЗАСОБИ АВТОМАТИЧНОГО ПОЖЕЖОГАСІННЯ

Навчальний посібник

Харків 2018

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

СУЧАСНІ ЗАСОБИ АВТОМАТИЧНОГО ПОЖЕЖОГАСІННЯ

Навчальний посібник

Харків 2018

УДК 614.8
С 89

Друкується за рішенням вченої ради НУЦЗ України
Протокол від 13.06.18 № 10

Авторський колектив:
О.А. Антошкін – розділ 1;
С.М. Бондаренко, кандидат технічних наук, доцент – розділ 4;
О.А. Дерев'янко, кандидат технічних наук, доцент – розділ 2, 5;
В.А. Дурєєв, кандидат технічних наук, доцент – розділ 3;
А.Г. Котов – розділ 2;
О.М. Литвяк, кандидат технічних наук, доцент – розділ 1;
М.М. Мурін, кандидат технічних наук, доцент – розділ 3.

Рецензенти: доктор технічних наук, професор П.О. Качанов, завідувач кафедри автоматики і управління в технічних системах НТУ «ХПІ», ;
кандидат технічних наук, доцент Уваров Ю.В., начальник науково-методичного центру навчальних закладів сфери цивільного захисту.

Сучасні засоби автоматичного пожежогасіння: навч. посібник. – Х.:
С 89 НУЦЗУ, 2018. – 271 с.

В навчальному посібнику розкрито загальні підходи до побудови систем автоматичного пожежогасіння. Наведено переваги та недоліки застосовуваних вогнегасних складів і технічних засобів.

Навчальний посібник призначений для використання у навчальному процесі під час вивчення дисциплін «Автоматичні системи забезпечення протипожежного захисту», «Автоматичні системи протипожежного захисту», «Автоматика раннього виявлення надзвичайних ситуацій», «Основи будови автоматичних систем протипожежного захисту», «Системи автоматичного контролю та спостереження». Навчальне видання може бути корисним фахівцям, які виконують роботи з проектування, монтажу та технічного обслуговування систем автоматичного протипожежного захисту об'єктів, або здійснюють контроль за їх технічним станом.

УДК 614.8
С 89

© О.А. Антошкін, С.М. Бондаренко,
О.А. Дерев'янко, В.О. Дурєєв,
А.Г. Котов, О.М. Литвяк, М.М. Мурін.
© НУЦЗУ, 2018

ЗМІСТ

Вступ 6
Розділ 1. Автоматичні системи водяного і пінного пожежогасіння 8
1.1 Вода як вогнегасна речовина 8
1.2 Історія водяних систем пожежогасіння 9
1.3 Призначення, сфера застосування, класифікація систем водяного пожежогасіння 11
1.4 Вузли керування спринклерних і дренчерних систем 19
1.5 Призначення, сфера застосування, класифікація систем пінного пожежогасіння 36
1.6 Методика розрахунку автоматичних систем водяного та пінного пожежогасіння 69
Контрольні питання до розділу 1 97
Розділ 2. Автоматичні системи газового пожежогасіння 98
2.1 Галузь застосування АСГП 98
2.2 Класифікація систем газового пожежогасіння 99
2.3 Газові вогнегасні речовини 101
2.3.1 Хладони 102
2.3.2 Інертні розріджувачі 115
2.4 Запірно-пускові пристрої АСГП 118
2.4.1 Головка автоматична для випуску заряду ГАВЗ 119
2.4.2 Головка автоматична для випуску заряду Т501 120
2.4.3 Головка-затвор ГЗСМ 121
2.4.4 Головка запірна клапанного типу 122
2.4.5 Головка запірна клапанного типу NOVEC 1230 124
2.4.6 Головка запірна модулів «Імпульс» 124
2.5 Модульні установки газового пожежогасіння 127
2.6 Батареї пожежогасіння 136
2.6.1 Конструкція балонів із ГВР 137
2.6.2 Розподільчі пристрої 138
2.6.3 Запірний клапан ЗК-32 140
2.6.4 Секційний запобіжник 141
2.6.5 Клапан пусковий повітряний КПВ 142
2.6.6 Структура установки газового пожежогасіння з електричним пуском із батареєю БАЕ 143
2.6.7 Структура установки газового пожежогасіння із пневматичним пуском із батареєю БАП 145
2.6.8 Установка із тросовим пуском 146

2.6.9 Установка газового пожежогасіння з електричним пуском УАГЕ 148
2.6.10 Установки з централізованим зберіганням газу 149
2.7 Алгоритми роботи автоматичних установок газового пожежогасіння 152
2.8 Розрахунок установок газового пожежогасіння 156
2.8.1 Розрахунок АСГП із двоокисом вуглецю 156
2.8.2 Проектування фреонових АСГП 170
Контрольні питання до розділу 2 172
Розділ 3. Автоматичні системи порошкового пожежогасіння 173
3.1 Сфера застосування і класифікація систем порошкового пожежогасіння 174
3.2 Вогнегасні порошки, що застосовуються в установках пожежної автоматики 180
3.3 Приклади технічної реалізації установок порошкового пожежогасіння 184
3.3.1 Системи порошкового пожежогасіння із зовнішнім автономним джерелом стиснутого робочого газу 184
3.3.2 Системи порошкового пожежогасіння із зовнішнім централізованим джерелом стиснутого робочого газу 197
3.3.3 Системи пожежогасіння з газогенеруючим елементом 200
3.3.4 Системи пожежогасіння закачувального типу 212
3.4 Методика розрахунку систем порошкового пожежогасіння 221
Контрольні питання до розділу 3 231
Розділ 4. Автоматичні системи аерозольного пожежогасіння 232
4.1 Історія розвитку систем аерозольного пожежогасіння 232
4.2 Галузь застосування систем аерозольного пожежогасіння 233
4.3 Будова автоматичної системи аерозольного пожежогасіння. Принцип її роботи 234
4.4 Будова і робота генераторів вогнегасного аерозолю. Класифікація ГВА 237
4.5 Приклади технічної реалізації 245
4.6 Проектування автоматичних систем аерозольного пожежогасіння 252
4.6.1 Методика розрахунку автоматичних систем аерозольного пожежогасіння 255

4.6.2 Методика розрахунку надлишкового тиску під час подавання вогнегасного аерозолю у приміщення.....260
4.7 Технічне утримання й експлуатація систем аерозольного пожежогасіння.....262
Контрольні питання до розділу 4.....263
Розділ 5. Автоматичні системи пожежогасіння з гелеутворюючими сполуками.....265
Предметний покажчик.....270

ВСТУП

Основними причинами виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру в Україні є недотримання правил пожежної безпеки, застарілість основних фондів та аварійний стан значної частини мереж комунального господарства. Достатній рівень безпеки того чи іншого об'єкта сьогодні неможливо забезпечити без впровадження *систем протипожежного захисту.*

Система протипожежного захисту (СПЗ) – це комплекс технічних засобів, що змонтований на об’єкті, призначений для виявлення, локалізування та ліквідування пожеж без втручання людини, захисту людей, матеріальних цінностей та довкілля від впливу надзвичайних чинників пожежі.

Системи протипожежного захисту поділяються на:

а) *автоматичні системи пожежогасіння;*

б) системи пожежної сигналізації;

в) автономні системи пожежогасіння локального застосування;

г) системи оповіщування про пожежу та управління евакуюванням людей;

д) системи протидимного захисту;

ж) системи диспетчеризації СПЗ.

Означені вище системи працюють в автоматичному режимі.

Також до СПЗ належать: блискавкозахист, ліфти пожежні, пожежні кран-комплекти, протипожежні двері, клапани, ворота, завіси (екрани) тощо.

Такі системи протипожежного захисту монтуються на всіх сучасних об’єктах. Однак, поряд із ними продовжують експлуатуватися і старі системи, які можуть не мати принципових відмін від нових і за відповідного обслуговування продовжують виконувати свої функції.

Важливу роль у забезпеченні протипожежного захисту відіграють *автоматичні системи пожежогасіння.*

Автоматична система пожежогасіння – система пожежогасіння, яка виконує функції виявлення ознак горіння, оповіщення про пожежу та подавання вогнегасної речовини без втручання людини. Ці системи спрацьовують протягом часу, меншого за час початкової стадії розвитку пожежі, забезпечують подачу розрахункової інтенсивності або необхідну концентрацію вогнегасної речовини та локалізацію (або ліквідацію) пожежі протягом часу, необхідного для введення в дію оперативних сил та засобів. Системи пожежогасіння виконують одночасно й функції системи пожежної сигналізації.

Метою даного посібника є надання можливості фахівцям, що займаються монтажем, експлуатацією та проектуванням автоматичних систем пожежогасіння, курсантам і студентам, які вивчають ці системи, ознайомитися з теоретичними основами їх побудови, конструкцією і принципами проектування та експлуатації. А оскільки системи пожежогасіння часто забезпечують захист складного та високотехнологічного обладнання в посібнику наведені алгоритми взаємодії систем з таким обладнанням у різних режимах.

РОЗДІЛ 1. АВТОМАТИЧНІ СИСТЕМИ ВОДЯНОГО І ПІННОГО ПОЖЕЖОГАСІННЯ

1.1 Вода як вогнегасна речовина

Вода – найбільш поширена вогнегасна речовина. Вона має високу питому теплоємність і сховану теплоту пароутворення, хімічну інертність до більшості речовин та матеріалів, низьку вартість і доступність. Вода є найбільш ефективною для поглинання теплоти за температури до 100 °С. За температури 100 °С вода продовжує поглинати тепло, перетворюється на пару і відводить тепло від матеріалу, що горить, до значення нижче температури його запалювання.

У пожежогасінні найбільш активно використовуються наступні властивості води:

1. Охолоджуюча дія, що визначається значними величинами її теплоємності й теплоти пароутворення.

2. Розведення парами горючого середовища, що утворюються при випаровуванні та призводять до зниження вмісту кисню в навколишньому повітрі, що зумовлюється тим, що об'єм пари в 1700 разів перевищує об'єм води, що випарувалася.

3. Механічний вплив на палаючу речовину – зрив полум'я.

У випадках, таких як гасіння водою нафтопродуктів і багатьох інших горючих рідин, коли вони розпливаються і продовжують горіти на поверхні, вода виявляється малоефективною під час їх гасіння; вогнегасний ефект під час гасіння водою може бути підвищений шляхом її подачі в розпиленому стані.

Подача води у вигляді компактного струменя забезпечує її доставку на велику відстань. Однак ефективність застосування компактного струменя є невеликою, тому що основна маса води не бере участі у процесі гасіння. У цьому випадку основний механізм гасіння – охолодження речовини, що горить; в окремих випадках можливий зрив полум'я.

Застосування розчину води зі змочувачем підвищує її проникну (змочувальну) здатність.

До основних недоліків води як вогнегасної речовини можна віднести наступні фактори:

– вода вступає в хімічну реакцію з деякими речовинами (лужні метали, металоорганічні з'єднання, карбіди і гідриди металів та ін.);

– вода є провідником;

– вода замерзає за температури нижче нуля;

– вода псує деякі матеріали (недоцільно застосовувати в архівах, бібліотеках);

– системи не є ефективними у приміщеннях, в яких пожежа може виникнути як наслідок вибуху;

– низька змочувальна здатність води, недостатня адгезія до об'єкта гасіння.

Крім того, не можна використовувати компактні струмені води для гасіння пилу, щоб уникнути утворення вибухонебезпечного середовища. Слід враховувати, що під час гасіння нафти і нафтопродуктів водою може статися викид або розбризкування палаючих продуктів.

Слід також зазначити, що при використанні води, як вогнегасної речовини ми можемо одержати як наслідок – затоплення приміщень, інженерних комунікацій, обладнання, меблів, небезпеку одержання людьми опіків у випадку дії на їхній вологий одяг, змочені ділянки шкіри температурних факторів пожежі, активний піроліз на початковій стадії гасіння.

1.2 Історія водяних систем пожежогасіння

Історія виникнення систем пожежогасіння взагалі й водяних зокрема нерозривно пов'язана з розвитком людського суспільства. Згадування про пристрої для гасіння пожежі мають місце ще у древніх літописах. Описи різних технічних пристроїв пожежогасіння зустрічаються у працях Архімеда, грецького вченого-механіка Ктесибія – винахідника нагнітального водопідйомного насоса (II–I ст.ст. до н.е.), трактатах Герона Олександрійського, Піфагора, римського архітектора Вітрувія та ін. Кінець XVII – і початок XVIII століть відзначені винаходами в галузі автоматизованих пристроїв для гасіння пожеж, обладнаних вибуховими пристроями, при спрацьовуванні яких із судин викидалася або розпорошувалася вогнегасна речовина. До числа таких пристроїв відносилися бочкоподібні посудини, розроблені в 1708–1710 роках у Росії за участю Петра I, у 1715 році – Захарієм Грейлем (Німеччина), у 1723 році – Годфреєм (Англія), у 1770 році – полковником артилерії Ротом. 1769–1770 роки ознаменувались створенням російським гірським офіцером К.Д. Фроловим проекту і діючого макета прототипу сучасної системи водяного пожежогасіння. В описі проекту автор указав, що його пожежна машина може бути використана як водопровідна система. ЇЇ механізм був простим. Двигуном використовувалось водоналивне колесо, що приводило у

рух кривошипно-шатунний механізм. Останній жорстко з'єднувався з поршнями двох усмоктувальних насосів, що подавали воду в розподільну трубу, обладнану перекривними кранами. У випадку пожежі на кінці стояків насаджувалися "шкіряні рукави зі шприцами" і відкривався кран для подачі води в осередок пожежі. У горищні приміщення вода подавалася по стояках. Усередині таких приміщень розміщалися горизонтальні труби з отворами для розбризкування води по всьому приміщенню. Однак цей винахід не був застосований на практиці, а креслення й опис системи поховані в архівах.

У 1806 році англієць Джон Кері створює аналогічну систему й одержує на неї патент. Він запропонував прокласти у приміщенні, що потребує захисту, мережу трубопроводів від водонапірного бака, а на мережі встановити зрошувачі (насадки) із дрібними отворами. У приміщенні, що підлягало захисту, протягався горючий шнур, при перегорянні якого відкривалися замки, які утримували клапан, – він звільнявся і вода надходила до зрошувачів. Від конструкцій Фролова і Кері до цілком автоматизованої системи залишався всього один крок. І він був зроблений у 1864 році англійцем Стюартом Гаррисоном, що оснастив систему зрошувачем, який віддалено нагадував сучасний спринклерний зрошувач. Подальший розвиток спринклерних систем пов'язаний з іменами американців Генрі Тармелі та Фредерік Гринеля. До 1882 р. у США на 200 підприємствах було встановлено близько 200 тис. спринклерних зрошувачів конструкції Пармелі. У цьому ж році в Англії було змонтовано першу таку систему. У 1902 р. Гринель запатентував конструкцію водосигнального клапана.

Робота зі створення автоматичних систем водяного пожежогасіння велася одночасно в декількох напрямах. У 1882 році Ф. Баром із Варшави було розроблено апарат для "автоматичного гасіння і позначення пожежі". У ньому відкриття клапанів для випуску води у вигляді дощу здійснювалося за допомогою електрики.

Перед Першою світовою війною в Росії такими системами було обладнано близько 900 підприємств текстильної, гумової й меблевої промисловості. Цьому сприяло зниження внесків страхових компаній для таких будівель на 45 %.

Застосування автоматичних систем водяного пожежогасіння для захисту приміщень зробило істотний внесок у справу боротьби з вогнем. У 1904 році страховий агент Бетлей провів аналіз усіх пожеж на фабриках Англії, що були обладнані системами водяного пожежогасіння. З 810 пожеж 734 (91 %) було погашено зазначеними системами.

У 1926 р. у СРСР було організовано акціонерне товариство «Спринклер», що до початку Великої Вітчизняної війни обладнало спринклерними системами близько 600 підприємств.

1.3 Призначення, сфера застосування, класифікація систем водяного пожежогасіння

Автоматичні системи водяного пожежогасіння, незважаючи на свій поважний вік, продовжують залишатися одними з найбільш численних груп систем для гасіння пожеж класу А, В, С.

Під *автоматичною системою водяного пожежогасіння* розуміють сукупність технічних засобів, що готові до гасіння пожежі за рахунок забезпеченості водою і примусового її викиду після приведення системи в дію.

Системи водяного пожежогасіння призначені для виявлення, локалізації й гасіння пожежі водою з подачею сигналу про пожежу і спрацьовування системи.

Сфера застосування систем водяного пожежогасіння є досить широкою. Системи застосовують практично у всіх випадках, коли використання води як вогнегасної речовини є допустимим й ефективним. При виборі системи водяного пожежогасіння для захисту об'єкта необхідно враховувати пожежну небезпеку і фізико-хімічні властивості речовин та матеріалів, що знаходяться у приміщенні, а також особливості технологічного процесу і техніко-економічні показники системи.

Системи водяного пожежогасіння *за способом подачі вогнегасної речовини* поділяються на спринклерні, дренчерні та пожежні роботи (рис. 1.1).

Водозаповнені спринклерні системи – це системи, призначені для використання у приміщеннях із мінімальною температурою повітря 5 °С і вище, а повітряні - для використання у неопалюваних приміщенях.

Системи пожежогасіння із системою попередньої дії – це обладнання, до складу якого може входити комбінована система запуску. Тобто для вмикання системи обов'язковим є подвійне спрацювання, наприклад, спринклерних зрошувачів і пожежних сповіщувачів.

За способом збереження вогнегасної речовини системи бувають:

– з централізованим збереженням (за межами приміщення, яке потребує захисту);

– з децентралізованим (модульним) збереженням (безпосередньо у приміщенні, яке підлягає захисту).

Рис. 1.1 – Класифікація автоматичних систем водяного пожежогасіння

Системи за часом спрацьовування поділяються на:

– малоінерційні (тривалість спрацьовування - не більше 3 с);

– середньоінерційні (тривалість спрацьовування - не більше 30 с);

– інерційні (тривалість спрацьовування - понад 30 с, але не більше 180 с).

За тривалістю дії системи поділяються на:

– імпульсні – час дії меншее 1 с;

– короткочасної дії – від 1 до 600 с;

– середньої тривалості дії – не більше 30 хв;

– тривалої дії – понад 30 хв, але не більше 60 хв.

Спринклерні системи – це системи, призначені для автоматичного виявлення пожежі, подачі сигналу про пожежу, локального гасіння й охолодження будівельних конструкцій.

Спринклерні системи, як правило, призначені для гасіння пожежі на невеликій, так званій розрахунковій площі, за межі якої пожежа не повинна вийти при успішному спрацьовуванні справної системи.

Спринклерні системи водяного пожежогасіння використовують для захисту приміщень, пожежа в яких характеризується невеликою лінійною швиглядкістю поширення пожежі.

Дренчерні системи – призначені для виявлення і гасіння пожежі по всій розрахунковій площі, а також для створення водяних завіс та подачі сигналу про пожежу.

Пожежні роботи – самонавідні стволи. Це один із напрямів розвитку систем пожежної автоматики

До складу *спринклерної системи* водяного пожежогасіння входять наступні елементи (рис. 1.2):

1. Спринклерні зрошувачі, які, як правило, розміщені на стелі приміщення, що підлягає захисту (у випадку неможливості розміщення на стелі, допускається розміщення на стінах, колонах);
2. Розподільчий трубопровід – трубопровід зі встановленими на ньому зрошувачами, прокладений у приміщенні, що потребує захисту;
3. Живильний трубопровід – трубопровід, що з'єднує вузли керування систем водяного пожежогасіння з розподільчими трубопроводами;
4. Підвідний трубопровід – трубопровід, що з'єднує насоси-підвищувачі з вузлами керування систем;
5. Основний водоживильник – пристрій, що забезпечує розрахункові витрати і напір вогнегасної речовини в системах водяного пожежогасіння протягом нормативного часу їхньої роботи;
6. Автоматичний водоживильник – пристрій, що забезпечує роботу системи до моменту виходу в робочий режим основного водоживильника.

Робота спринклерної системи водяного пожежогасіння. У стані готовності спринклерна система знаходиться під тиском (рис. 1.2), що створюється автоматичним водоживильником *6*. При спрацьовуванні спринклерного зрошувача *1* тиск у розподільчому *2* і живильному трубопроводах *3* падає, спрацьовує контрольно-сигнальний клапан *7* і по підвідному трубопроводу *4* з автоматичного водоживильника *6* вода через спринклерні *зрошувачі 1*, що спрацювали, надходить на гасіння пожежі. Одночасно вода надходить до сигнального пристрою *8*, що виглядає сигнал про спрацьовування контрольно-сигнального клапана. Командний імпульс надходить на включення основного водоживильника *5*, відкіля вода поступає у спринклерну розподільчу мережу *2*. Зворотний клапан *9* перекриває автоматичний водоживильник 6 від мережі під час роботи основного

водоживильника, а зворотний клапан *10* перекриває основний *5* – під час роботи автоматичного *6*.

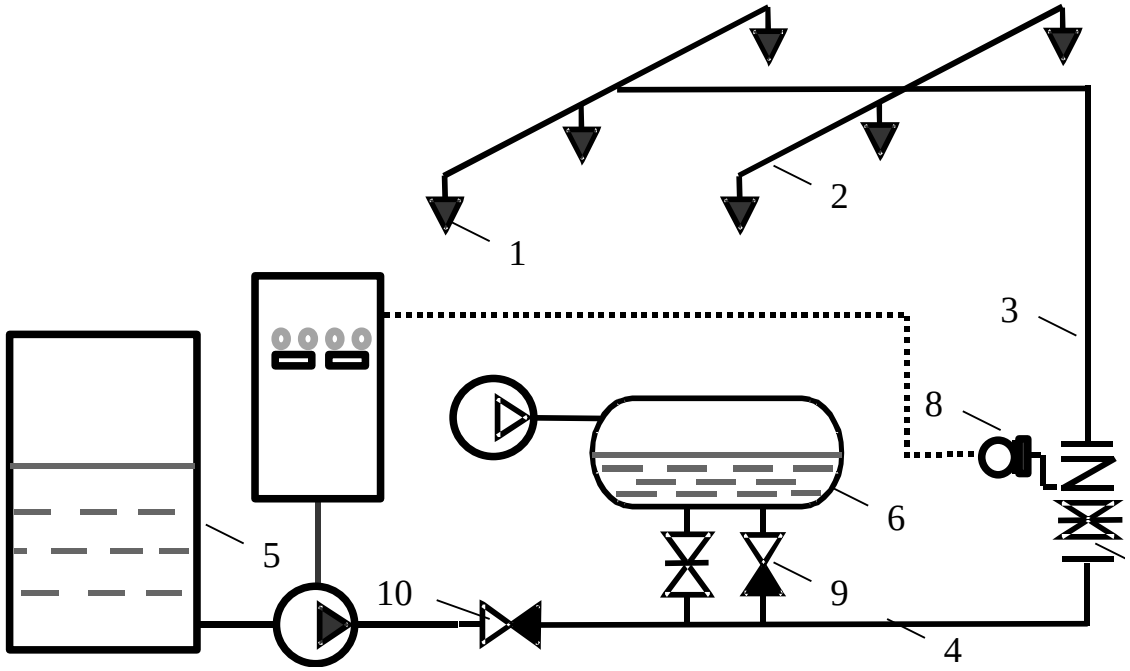


Рис. 1.2 – Принципова схема спринклерної системи водяного пожежогасіння

Принципова відмінність будови дренчерної водяної системи (рис. 1.3) від будови спринклерної полягає в наявності так званої спонукальної системи. Спонукальна система дозволяє визначити факт виникнення пожежі й запустити систему в роботу.

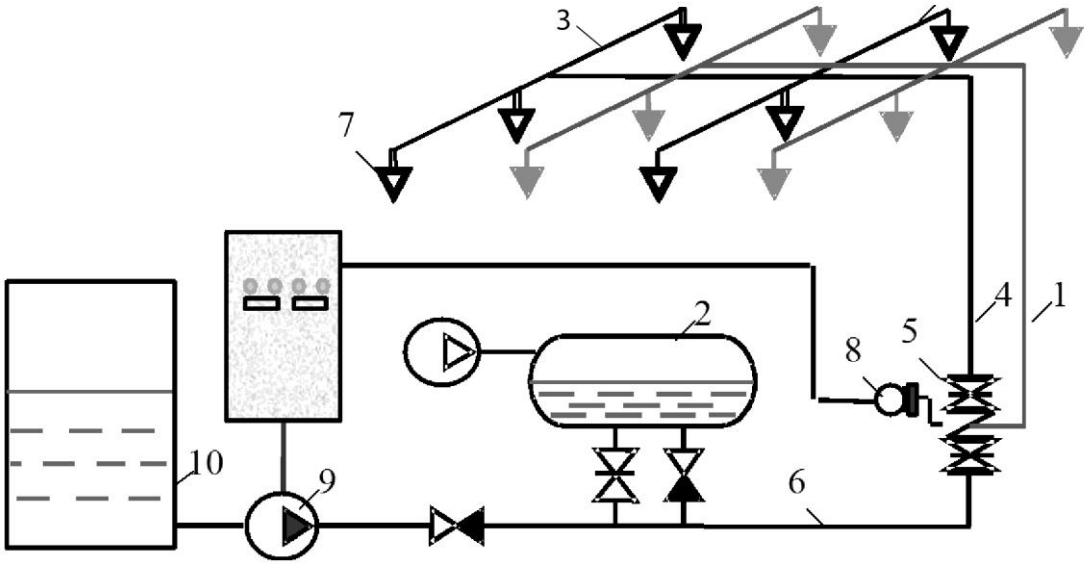


Рис. 1.3 – Принципова схема дренчерної системи водяного пожежогасіння з гідравлічною (пневматичною) спонукальною (збуджувальною) системою

Дренчерні системи приводяться в дію однією з наступних спонукальних систем:

– тросова;
– гідравлічна (пневматична);
– електрична.

У стані готовності спонукальна система *1* знаходиться під тиском, що створюється автоматичним водоживвживильником *2*; розподільчий *3* і живильний *4* трубопроводи перебувають під атмосферним тиском.

При виникненні пожежі спрацьовують чутливі елементи спонукальної системи (спринклерні зрошувачі, пожежні сповіщувачі, тросові замки), тиск у спонукальній системі падає, тому що вода або повітря виходять через чутливі елементи, що спрацювали, назовні. При падінні тиску у спонукальній системі відкривається контрольно-сигнальний клапан *5* і вода з автоматичного водоживильника *2* по підвідному *6*, живильному *4* і розподільчому трубопроводх надходить до дренчерних зрошувачів 7. При цьому спрацьовує сигналізатор тиску *8* (рис. 1.4, 1.5) і автоматично включається основний водоживильник *9*, що забирає воду із вододжерела *10* і подає її у дренчерну мережу.

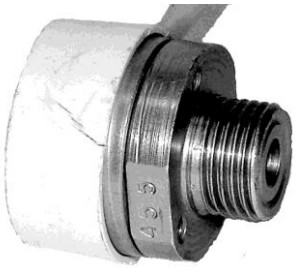


Рис 1.4 – Сигналізатор тиску універсальний

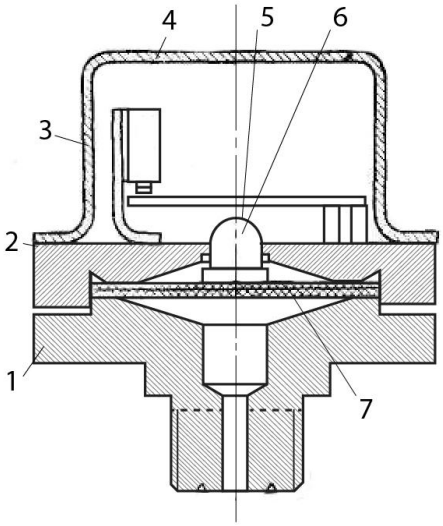


Рис 1.5 – Конструкція сигналізатора тиску універсального:

1 – корпус; 2 – кришка; 3 – мікроперемикач; 4 – ковпак; 5 – пружина; 6 – штовхальник; 7 – мембрана

Спринклерні та дренчерні зрошувачі. Зрошувач водяний спринклерний призначений для виявлення пожежі, автоматичного пуску системи пожежогасіння і розпилення води над осередком пожежі. Розрізняють два принципово різних підходи до побудови чутливих елементів спринклерних зрошувачів - легкоплавку вставку і скляну колбу. За підвищення температури у приміщенні, що підлягає захисту, де встановлені спринклерні зрошувачі з легкоплавкою вставкою, до температури

спрацьовування зрошувача (рис. 1.6) легкоплавкий замок *1* плавиться, замок розпадається на пластини і випадає разом із важелями *2*, *3*, *4*, та пробкою *5*. Струмінь води після влучення на розетку 6, прикріплену до дужок 7, розпорошується над осередком пожежі.

Інший підхід до технічної реалізації запірної арматури спринклерних зрошувачів – скляна колба, що заповнена рідиною з великим коефіцієнтом лінійного розширення (рис. 1.7).

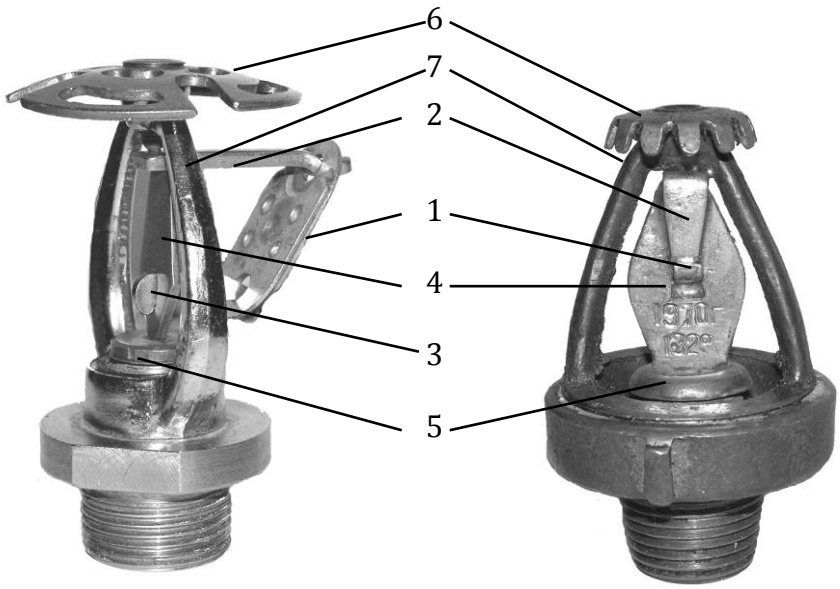


Рис 1.6 – Спринклерні зрошувачі з легкоплавкою вставкою

Рис 1.7 – Спринклерний зрошувач зі скляною колбою

При нагріванні рідина збільшується в об'ємі, і руйнує скляну колбу *1.* Під тиском випадають клапан *2* та шайба *3,* і вогнегасна речовина виходить назовні.

На кожному спринклерному зрошувачі вказується температура спрацьовування. На легкоплавких замках температуру нанесено методом пресування, а штуцер і стремінце фарбують у відповідний колір (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Характеристики запірної арматури спринклерних зрошувачів

Температура розкриття зрошувача	**Колір фарби штуцера і стремінця**	**Хімічний склад легкоплавкого припою, %**			
		свинець	**кадмій**	**вісмут**	**олово**
72	–	27	10	50	13
93	білий	31,2	0,156	49,944	18,7
141	синій	30	20	–	50
183	червоний	75	–	–	25

У зрошувачах зі скляною колбою температура руйнування визначається кольором рідини (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 – Залежність кольору рідини від температури руйнування колби

Номінальна температура руйнування колби, °З	**Колір рідини**
57	помаранчевий
72	червоний
93	зелений
141	блакитний
182	фіолетовий
240	чорний

На сьогодні існує багато прикладів технічної реалізації спринклерних зрошувачів – для встановлення на підвісну стелю (рис. 1.8), для настінної пристельової системи (рис. 1.9) та ін.

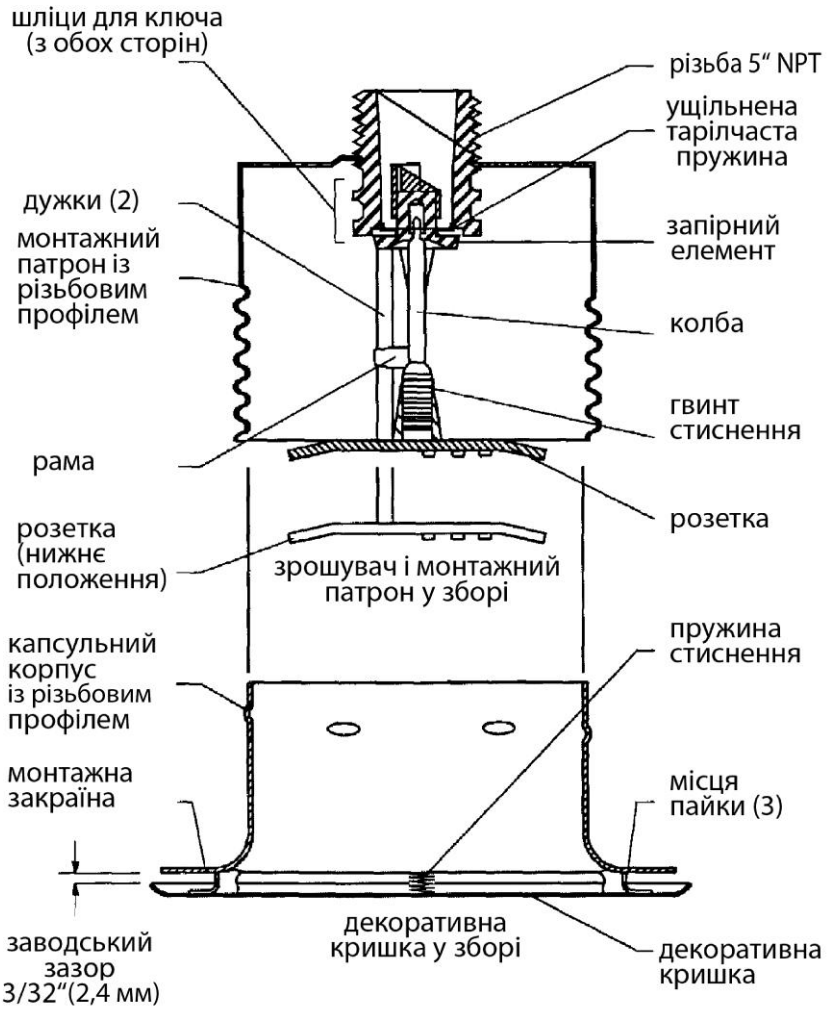


Рис 1.8 – Спринклерний зрошувач таємний, стандартного реагування розеткою до низу (для системи під підвісну стелю)

Дренчерні зрошувачі відрізняються від спринклерних лише відсутністю на них запірної арматури (рис. 1.10).

Рис 1.9 – Спринклерний зрошувач для настінної пристельової системи

Рис. 1.10 – Дренчерний зрошувач

В автоматичних дренчерних системах пожежогасіння із тросовою спонукальною системою як чутливі елементи використовуються легкоплавкі замки (рис. 1.11). За підвищення температури легкоплавкий припій пластин *1* замка розплавляється, пластини розпадаються, вивільнюючи петлю *2*, важелі *3* і рамку *4*. У результаті послабляється натяг троса *5* і спонукальний клапан (рис. 1.13) відкривається. Спонукальний клапан штуцером *1* з'єднаний зі спонукальною системою. Клапан *2* із собачкою *3* утримується в закритому стані важелем *4* унаслідок натягу троса.

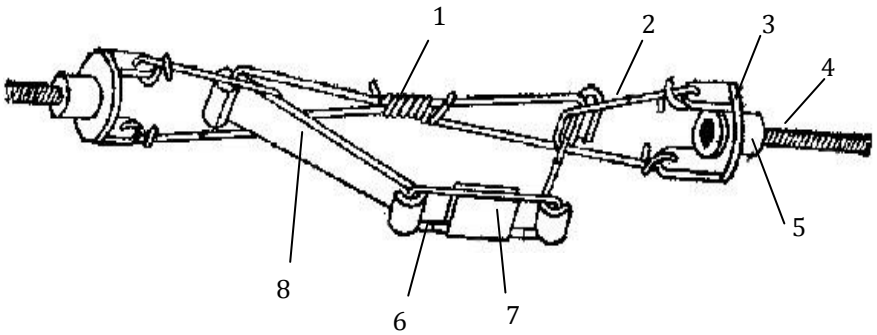


Рис. 1.11 – Замок тросової системи:

1 – петля; 2 – рамка вушка; 3 – вушко; 4 – трос; 5 – втулка; 6 – рамка замка; 7 – пластини замка; 8 – важіль

Як чутливий елемент тросового теплового замка може використовуватись скляна колба, що заповнена рідиною з великим коефіцієнтом лінійного розширення (рис. 1.12).

Рис 1.12 – Тросовий замок зі скляною колбою

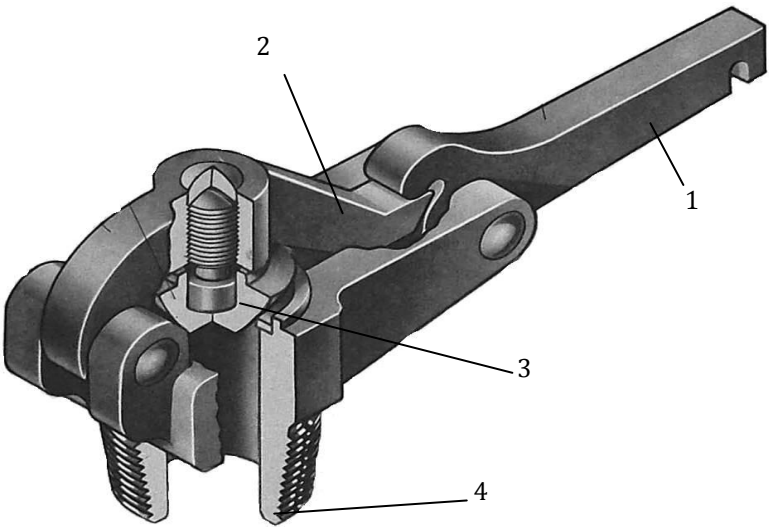


Рис 1.13 – Спонукальний клапан:

1 – важіль; 2 – засувка; 3 – клапан; 4 – штуцер із різьбленням

1.4 Вузли керування спринклерних і дренчерних систем

Вузли призначені для подачі води в розподільчі мережі приміщень, що підлягають захисту, і до сигнального пристрою (СДУ), а також виглядачі сигналу на включення автоматичного або основного водоживильника. Як вузли керування застосовуються водяні (ВС), повітряні (В), повітряно-водяні (ВВ) контрольно-сигнальні клапани (КСК), клапани групової дії (КГД), швиглядкодіючі клапани, засувки з електроприводом. Використовуються вони разом із засувками, вентилями, трубопроводами, сигнальними пристроями і манометрами, що складають так звану «обв'язку». Тепер повітряні клапани зняті з виробництва, але на багатьох діючих системах їх ще продовжують експлуатувати.

Найбільш поширеним вузлом керування спринклерних систем пожежогасіння є водосигнальний (ВС).

Вузол керування водяної спринклерної системи із клапаном ВС. Вузол керування з водяним клапаном ВС (рис. 1.14) застосовують у водяних спринклерних системах.

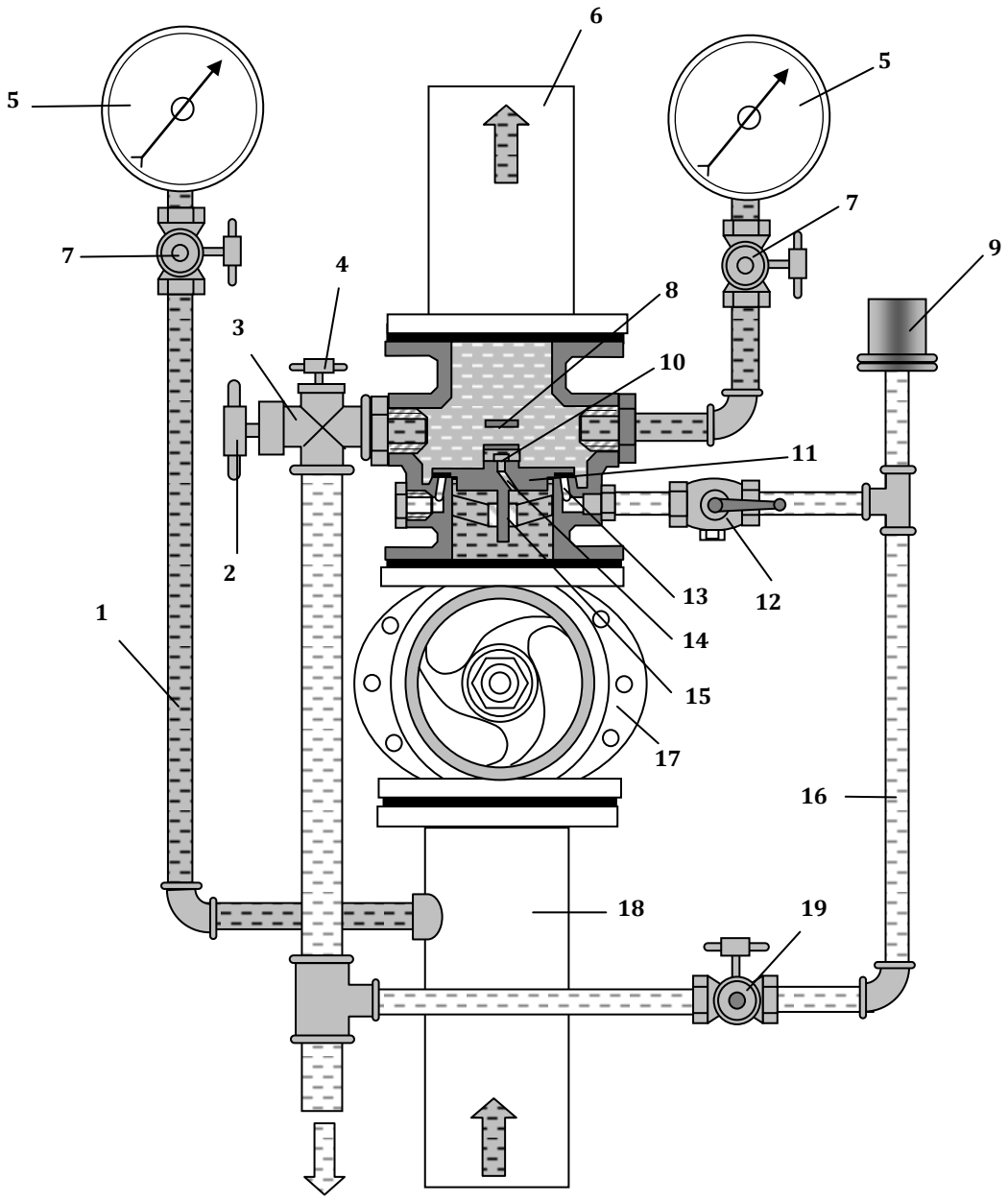


Рис.1.14 – Вузол керування спринклерної системи із клапаном ВС:

1 – зливний трубопровід; *2* – великий вентиль; *3* – комбінований вентиль; *4* – малий вентиль; *5* – манометр; *6* – живильний трубопровід; *7* – кран манометровий; *8* – обмежник; *9* – сигналізатор тиску; *10* – зворотний клапан; *11* – тарілчастий клапан; *12* – пробковий кран; *13* – сигнальний канал; *14* – компенсаційний канал; *15* – напрямна втулка; *16* – сигнальний трубопровід; *17* – засувка; *18* – підвідний трубопровід; *19* – кран із малим отвором

У стані готовності тарілчастий клапан *11* щільно прилягає до сідла, перекриваючи кільцеве виточення (точність посадки забезпечує напрямна втулка *15* клапана). Кільцеве виточення через сигнальний канал *13* і сигнальний трубопровід із пробковим краном *12* поєднаний із сигналізатором тиску *9.* Тиск над і під клапаном повинен бути однаковим. Відкритими повинні бути засувка *17,* пробковий кран *12* сигнального трубопроводу і пробковий кран із малим отвором (діаметром 3 мм) *19* на трубопроводі *16.* Малий *4* і великий *2* вентилі комбінованого вентиля *3* у цей час закриті.

Хибні спрацьовування клапана *11* сигналізатора тиску *9* при витоках води над клапаном і при плавному збільшенні тиску під клапаном усуваються зворотним клапаном (компенсатором) *10* і компенсаційним каналом *14.* У цих випадках вода з підвідного трубопроводу *18* проходить через компенсаційний канал *14* і зворотний клапан *10* у надклапанний простір та вирівнює тиск над клапаном *11* і під ним. При спрацьовуванні спринклерного зрошувача вода з живильного трубопроводу *6* подається до осередку пожежі, тиск під клапаном *11* знижується, і, за рахунок різниці тисків, клапан *11* піднімається до обмежника *8.* Вода надходить із підвідного трубопроводу *18* у спринклерну мережу й у кільцеве виточення в сідлі клапана; потім, через сигнальний канал *13* і пробковий кран *12* на сигнальному трубопроводі, – до сигналізатора тиску *9*, що сповіщає про пожежу.

Після одержання сигналу про те, що вода подається у спринклерну мережу, відключають сигналізатор тиску *9,* для чого перекривають пробковий кран *12.* Для припинення подачі води з системи відкривають вентиль *2.* Приведення системи в готовність починається із заміни спринклерних зрошувачів, які спрацювали. Потім закривають великий вентиль *2* і відкривають засувку *17.* Після вирівнювання тиску у трубопроводі, що підводить воду *18*, і живильному *6* (за показниками манометрів *5*) відкривають кран *12* сигнального трубопроводу. Роботу клапана і сигнальних приладів перевіряють шляхом відкривання вентиля *4.*

Вода з живильного трубопроводу *6* почне через комбінований вентиль *3-4* зливатися, тиск над тарілчастим клапаном *11* впаде, клапан підніметься і вода надійде в кільцеве виточення сідла клапана *11*, відкіля по сигнальному каналу *13* і сигнальному трубопроводу із пробковим краном *12* піде до сигналізатора тиску *9.* Отриманий сигнал свідчить про справну роботу клапана і сигнального приладу. Після такої перевірки вентиль *4* закривають. Тиск води над

клапаном і під ним вирівнюється, і тарілчастий клапан *11* під дією власної маси опускається.

Вузол керування повітряної спринклерної системи із клапаном В. Вузол керування з повітряним клапаном (рис. 1.15) застосовують у повітряних спринклерних системах. Повітряний клапан конструктивно відрізняється від водяного.

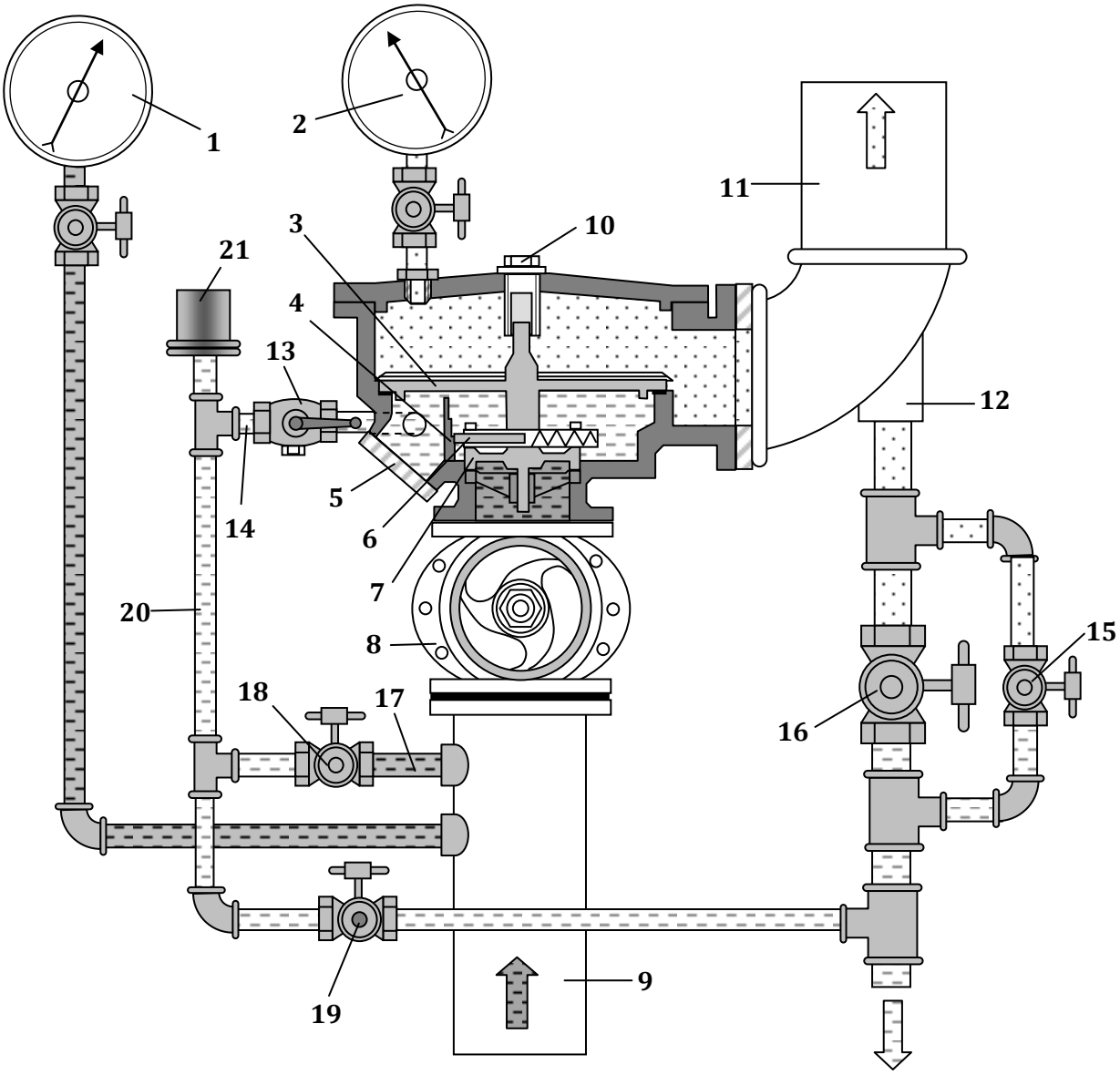


Рис. 1.15 – Вузол керування повітряної спринклерної системи із клапаном В:

1, 2 – манометри; *3* – повітряний диск клапана; *4* – стійка з виступом; *5* – лючок; *6* – засувка із пружиною; *7* – водяний диск клапана; *8* – засувка; *9* – підвідний трубопровід; *10* – пробка; *11* – живильний трубопровід; *12* – зливний трубопровід; *13* – пробковий кран; *14* – сигнальний трубопровід; *15, 16* – вентиль; *17* – трубопровід для перевірки сигнального пристрою; *18* – пробковий кран; *19* – кран із малим отвором; *20* – трубопровід для зливу води із сигнального пристрою; *21* – сигналізатор тиску

Площа повітряного диска *3* клапана в 8 разів більше площі водяного диска *7*. Таке конструктивне рішення дає можливість зрівноважити тиск води на клапан знизу меншеим тиском повітря зверху, що дозволяє накачувати меншеу кількість повітря в систему і прискорювати подачу води в осередок пожежі. На практиці тиск повітря підтримують не в 8 разів меншее тиску води, а в 4 рази, створюючи при цьому деякий запас повітря для запобігання помилковому спрацьовуванню при витоку повітря із системи. Мінімальний тиск повітря повинен бути не меншее 0,2 МПа (2 кгс/см^2).

У стані готовності диференціальний двотарілчастий клапан сидить у седлі; засувка *8,* пробковий кран *13* і кран із малим отвором *19* відкриті; вентилі *15, 16* і пробковий кран *18* закриті. Манометри *1* і *2* показують відповідно тиск 4:1; при цьому тиск на манометрі *2* повинен бути не меншее 0,2 МПа (2 кгс/см^2). Повітряна камера між водяним *7* і повітряним *3* дисками поєднується через сигнальний трубопровід *14* і пробковий кран *13* із сигналізатором тиску *21.* При спрацьовуванні спринклерного зрошувача повітря виходить і тиск над повітряним диском *3* клапана падає. Тиском води на водяний диск *7* клапан піднімається й утримується у відкритому стані засувкою із пружиною *6*, що спирається на виступ стійки *4*. Вода заповнює повітряну камеру і по сигнальному трубопроводу *14* через пробковий кран *13* надходить до сигналізатора тиску *21*, який сигналізує про спрацьовування вузла керування і подачу води в мережу. Одночасно вода надходить по живильному трубопроводу *11* до спринклерних зрошувачів, що розкрилися. Після одержання сигналу про спрацьовування системи черговий персонал перевіряє вірність сигналу про пожежу, після чого пробковий кран *13* перекривається, сигналізатор тиску перестає працювати і вода по трубопроводу *20* через кран із малим отвором *19* зливається у зливний трубопровід *12*.

Для припинення подачі води в осередок пожежі перекривають засувку *8,* а для зливу води з системи відкривають вентиль *16* на зливальному трубопроводі *12.* Щоб привести систему в готовність, необхідно: замінити спринклерні зрошувачі, що спрацювали, відкрити лючок *5* і, натиснувши на засувку із пружиною *6*, посадити клапан на сідло; відкрити пробку *10* у кришці клапана і залити воду для створення водяного затвора до переливу води через зливальну трубу *12* і вентиль *16*, після чого ввернути пробку *10* і закрити вентиль *16*; закачати повітря у спринклерну мережу до створення необхідного тиску; відкрити засувку *8;* перевірити герметичність дво-

тарілчастого клапана (при цьому вода не повинна надходити в повітряну камеру), після чого закрити лючок *5* і відкрити кран на сигнальному трубопроводі *14.* Для перевірки роботи сигнальних пристроїв необхідно закрити кран *13* (якщо на сигнальному трубопроводі *14* немає зворотного клапана) і відкрити кран *18* на трубопроводі для перевірки сигналізатора тиску *17.* Вода з підвідного трубопроводу *9* по трубопроводах *17* і *20* пройде до сигнального пристрою *21*, який включить сигнал тривоги. Після перевірки закривають кран *18* і відкривають кран *13* на сигнальному трубопроводі *14.*

Роботу клапана і сигнальних пристроїв перевіряють у теплу пору року, для чого відкривають вентиль *15*. Повітря з мережі по зливальному трубопроводу *12* через вентиль *15* виходить, тиск над клапаном падає, клапан відкривається й утримується у відкритому положенні за допомогою засувки із пружиною *6.* Вода через повітряну камеру надходить по сигнальному трубопроводу *14* через кран *13* до сигнального пристрою (СДУ) *21.* Порядок приведення в готовність вузла керування такий саме, як і після роботи системи при пожежі, тільки замість заміни зрошувачів, що спрацювали, закривають вентиль *15.*

Вузол керування повітряно-водяної спринклерної системи із клапанами В і ВС. Вказаний вузол (рис. 1.16) складається з водяного (ВС) *6* і повітряного (В) *15* клапанів. Залежно від пори року робота системи в черговому режимі й під час ліквідації пожежі відповідає роботі повітряної або водяної системи. Необхідно тільки мати на увазі особливості зарядження водяної й повітряної систем за настання відповідного періоду, що викладаються нижче.

Зарядження повітряної системи. Під час введення в експлуатацію або після спрацьовування системи спринклерну мережу заповнюють повітрям до тиску 0,2 МПа (2 кгс/см^2). Триходовий пробковий кран *17* встановлюють у положення, при якому повітряний клапан сполучається із сигнальним пристроєм *2*, потім засувку *4* відкривають. При виникненні пожежі спрацьовує спринклерний зрошувач, повітря виходить і тиск над повітряним клапаном падає; двотарілчастий клапан піднімається й утримується у відкритому положенні засувкою із пружиною *8*. Вода з підвідного трубопроводу *23* через водяний *6* і повітряний *15* клапани надходить у живильний трубопровід *16* і далі у спринклерну мережу. Одночасно вода заповнює повітряну камеру *11* і через триходовий кран *17* надходить до сигнального пристрою *2*.

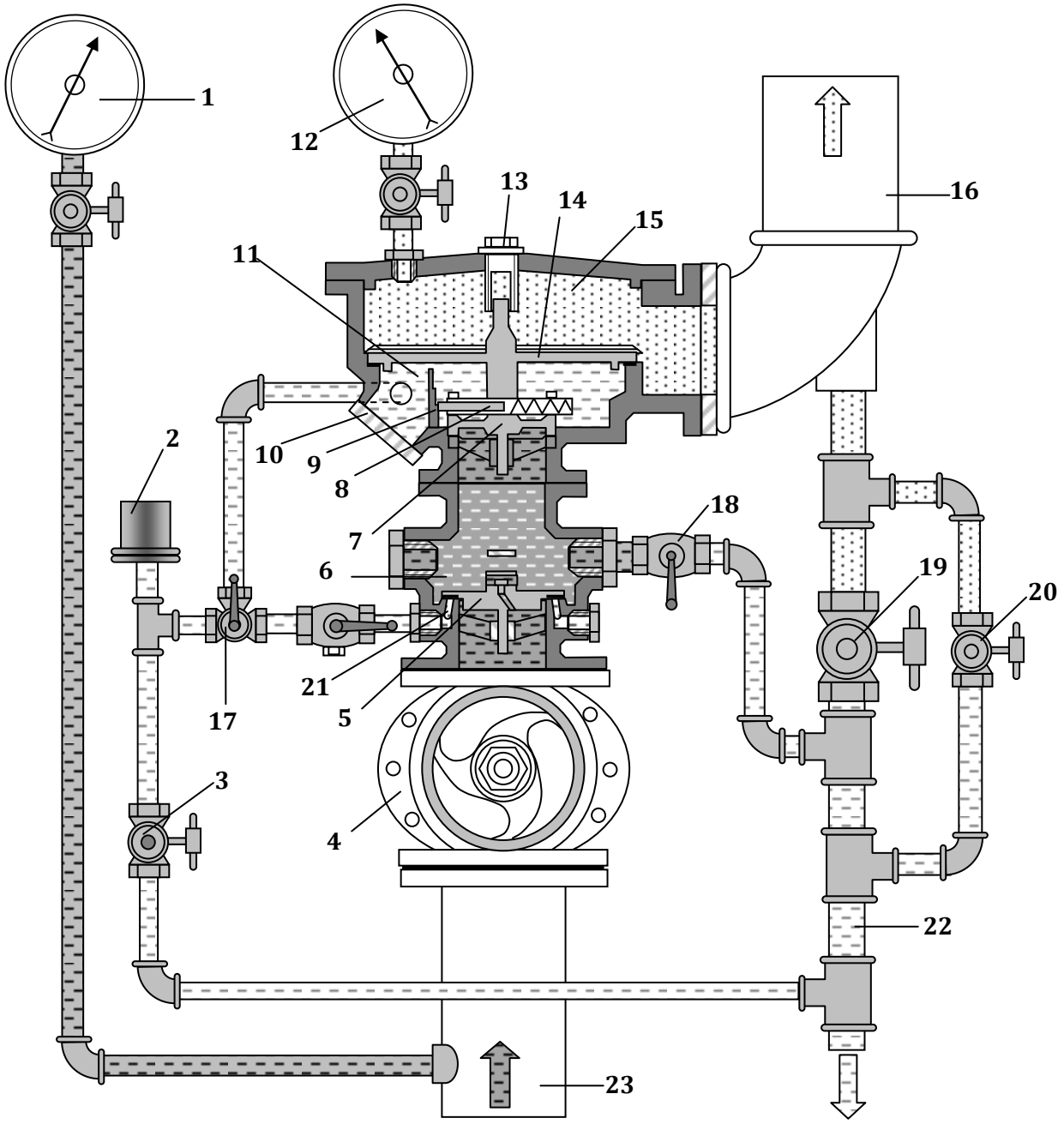


Рис. 1.16 – Вузол керування повітряний водяної спринклерної системи із клапанами В і ВС:

1 – манометр; 2 – сигналізатор тиску; 3 – кран із малим отвором; 4 – засувка; 5 – водяний тарілчастий клапан; 6 – водяний КСК; 7 – водяний диск клапана; 8 – засувка із пружиною; 9 – стійка з виступом; 10 – лючок; 11 – повітряна камера; 12 – манометр; 13 – пробка; 14 – повітряний диск клапана; 15 – повітряний КСК; 16 – живильний трубопровід; 17 – триходовий кран; 18 – пробковий кран; 19, 20 – вентилі; 21 – сигнальний канал; 22 – зливальний трубопровід; 23 – підвідний трубопровід

Для перевірки сигнальних пристроїв переключають триходовий кран *17* на водяний КСК і відкривають кран *18*; вода проходить

через кран *18* у зливальний трубопровід *22*, тиск над водяним клапаном *5* падає, і він піднімається, пропустивши воду через кільцеве виточення в сідлі клапана в сигнальний трубопровід і далі - через триходовий кран *17* - до сигнального пристрою *2*. Після перевірки кран *18* закривають і переключають триходовий кран *17* на повітряний КСК. Якщо відсутня небезпека замерзання води в системі, можна перевірити роботу не тільки сигнальних пристроїв, але і КСК. Для цього відкривають контрольний вентиль *20* і випускають повітря з мережі у зливальний трубопровід *22*. Тиск над повітряним клапаном *14* падає, клапан піднімається і буде утримуватися засувкою *8* на виступі стійки *9*. Вода заповнює атмосферну камеру *11* і по трубопроводу через триходовий кран *17* надходить до сигнального пристрою *2*. Після такої перевірки систему приводять до готовності так само, як і повітряну систему.

Зарядження водяної системи. Відкривають кришку повітряного клапана *15* і виймають диференціальний двотарілчастий клапан, щоб він не чинив опору воді. Можна не виймати клапан, а через лючок *10* підняти й установити його на виступі стійки *9* за допомогою засувки *8*. Після цього закривають лючок *10* і всю мережу заповнюють водою (показання манометрів *1* і *12* повинні бути однаковими). Триходовий кран *17* переключають на водяний КСК. При виникненні пожежі (спринклери розкриються і вода починає надходити на гасіння пожежі) тиск над клапаном *5* падає, він піднімається і вода через кільцеве виточення в сідлі клапана, сигнальний канал *21*, триходовий кран *17* надходить до сигнального пристрою *2*. Сигнальний пристрій (а отже, готовність системи до роботи) перевіряють зазначеним вище способом.

Вузол керування автоматичної дренчерної системи із клапаном групової дії (рис. 1.17) призначений для запуску системи і подачі сигналу про спрацьовування клапана, а також для перевірки і контролю її справності. У стані готовності тиск у спонукальному трубопроводі *7* і підвідному трубопроводі *11* повинен бути однаковим (показання манометрів *8* і *18*). Диференціальний двотарілчастий клапан *10* поділяє внутрішню порожнину клапана на три сполучені камери: камеру А з підвідним трубопроводом; камеру Б зі спонукальним трубопроводом *7* та камеру В з живильним трубопроводом *17*. У камерах А і Б тиск є однаковим, тому що спонукальний *7* і підвідний *11* трубопроводи з'єднуються пробковим краном із малим отвором *4*. Площа тарілки клапана *10* з боку спонукальної камери Б більше площі тарілки клапана *10* з боку камери А, тому за однаково-

го тиску, за рахунок різниці сил, що діють на клапан *10*, останній буде притиснутий до сідла. Засувки *12* і *16*, вентилі *1*, *5*, крани з малим отвором *4*, *25* і пробковий кран *15* відкриті, а вентилі *3*, *20*, *22* і кран ручного включення *6* - закриті. Надходження води зі спонукального трубопроводу *7* у підвідний трубопровід *11* усувається зворотним клапаном *2*.

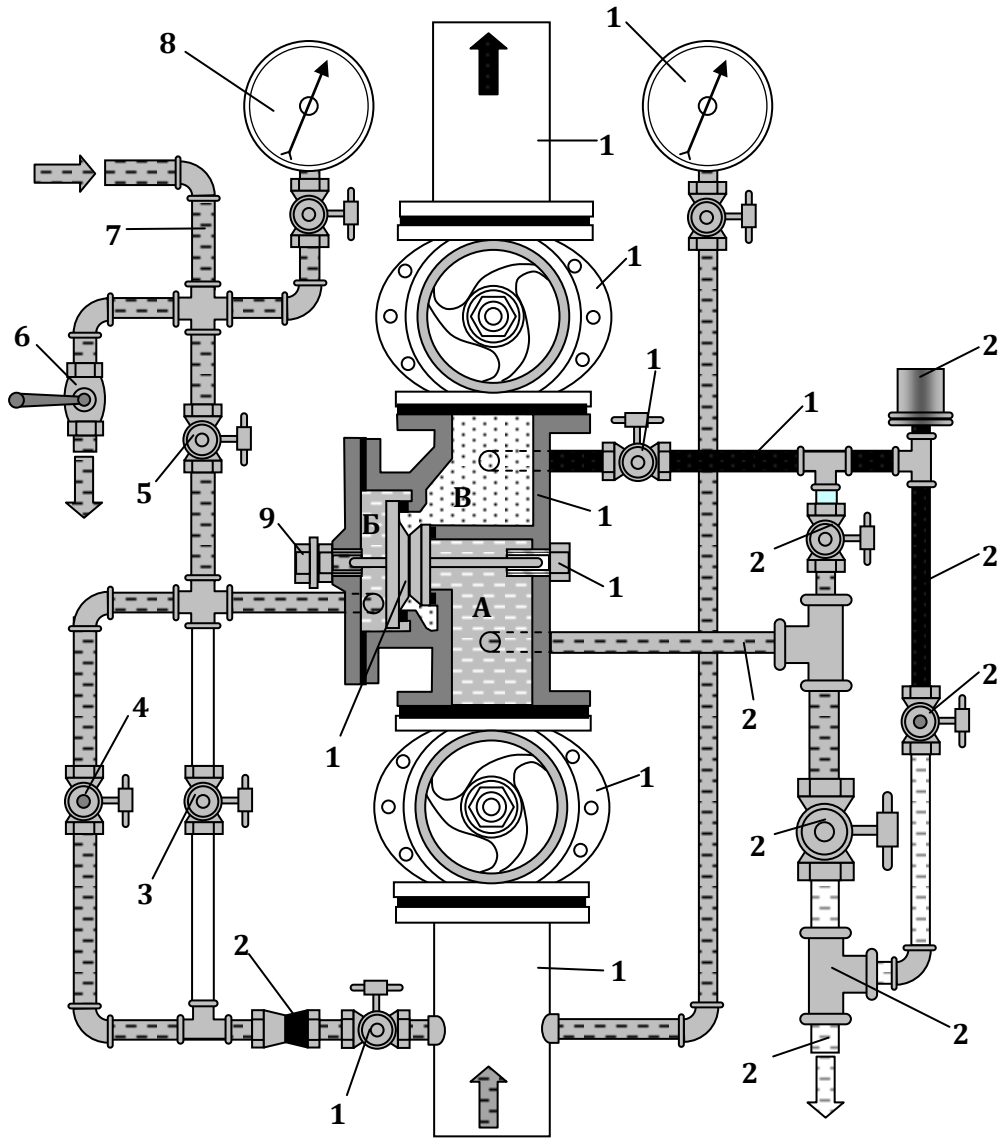


Рис. 1.17– Вузол керування автоматичної дренчерної системи із клапаном групової дії

1, 3, 5, 20, 22 – вентилі; 2 – зворотний клапан; 4 – кран із малим отвором; 6 – кран ручного включення; 7 – спонукальний трубопровід, *8* – манометр; 9 –пробка; 10 – диференціальний двотарілчастий клапан; 11 – підвідний трубопровід; 12, 16 – засувки; 13 – пробка; 14 – корпус клапана; 15 – пробковий кран; 17 – живильний трубопровід; 18 – манометр; 19 – сигнальний трубопровід; 21 – зливальний трубопровід; 23 – трубопровід для зливу води в каналізацію; 24 – хрестовина; 25 – кран із малим отвором; 26 – трубопровід для зливу води із сигнального пристрою; 27 – сигналізатор тиску

При спрацьовуванні спонукальника (спринклерний зрошувач, легкоплавкий тросовий замок зі спонукальним клапаном) або включенні крана ручного пуску *6* вода зі спонукальної системи *7* виходить і тиск у камері Б клапана падає, клапан *10* зміщається вліво і вода через камеру В надходить у живильну мережу *17* (до дренчерів), а по сигнальному трубопроводу *19* - через кран *15* – до сигналізатора тиску *27*. Після прийому сигналу про пожежу сигнальні пристрої відключають, для чого спочатку закривають кран *15* на сигнальному трубопроводі *19*. Вода із сигналізатора тиску *27* по трубопроводу *26* через кран із малим отвором *25*, з'єднаний із хрестовиною *24*, зливається у зливальний трубопровід *23*. Якщо пожежу ліквідовано, засувку *12*, вентилі *1* і *5* закривають, а вентиль *22* відкривають і вода з системи зливається по спускних трубопроводах *21* і *23*. Для приведення системи в готовність заміняють спонукальники, що розкрилися; закривають засувку *16*; відкривають пробку *9* кришки клапана (пробку *13* корпуса *14* клапана залишають на місці) і, натиснувши на шток двотарілчастого клапана *10*, досилають клапан усередину до упора, після чого закривають пробку *9*; відкривають вентилі *1*, *3*, *5* і заповнюють спонукальну систему *7* водою до вирівнювання тиску по манометрах *8*, *18*, а потім, закривши вентилі *3* і *22*, відкривають засувки *12*, *16* і кран *15*. Для перевірки роботи сигнальних пристроїв відкривають вентиль *20*, попередньо закривши кран *15* на сигнальному трубопроводі *19*. Вода по трубопроводу *21* через вентиль *20* надходить до сигналізатора тиску *27*, що включає сигнальні пристрої. Після перевірки вентиль *20* закривають, а кран *15* відкривають. Для перевірки роботи клапана і сигнальних пристроїв закривають засувку *16* і відкривають кран ручного включення 6 на спонукальному трубопроводі. У цьому випадку робота вузла керування буде такою саме, як і при пожежі. Після перевірки систему приводять до готовності в тій же послідовності, як і після пожежі. Для запобігання хибному спрацьовуванню системи при витоку води зі спонукальної системи або при плавному збільшенні тиску в підвідній мережі, що підводить кран із малим отвором *4* завжди відкритий.

Вузол керування повітряно-водяної спринклерної системи із клапанами ВС, ГД, КВП (рис. 1.18)**.** У зв'язку з тим, що повітряний клапан В знято з виробництва, у неопалюваних приміщеннях повітряно-водяні спринклерні системи можуть бути змонтовані з клапанами ВС, ГД і КВП. У зимовий час спринклерну мережу заповнюють повітрям, а влітку – водою.

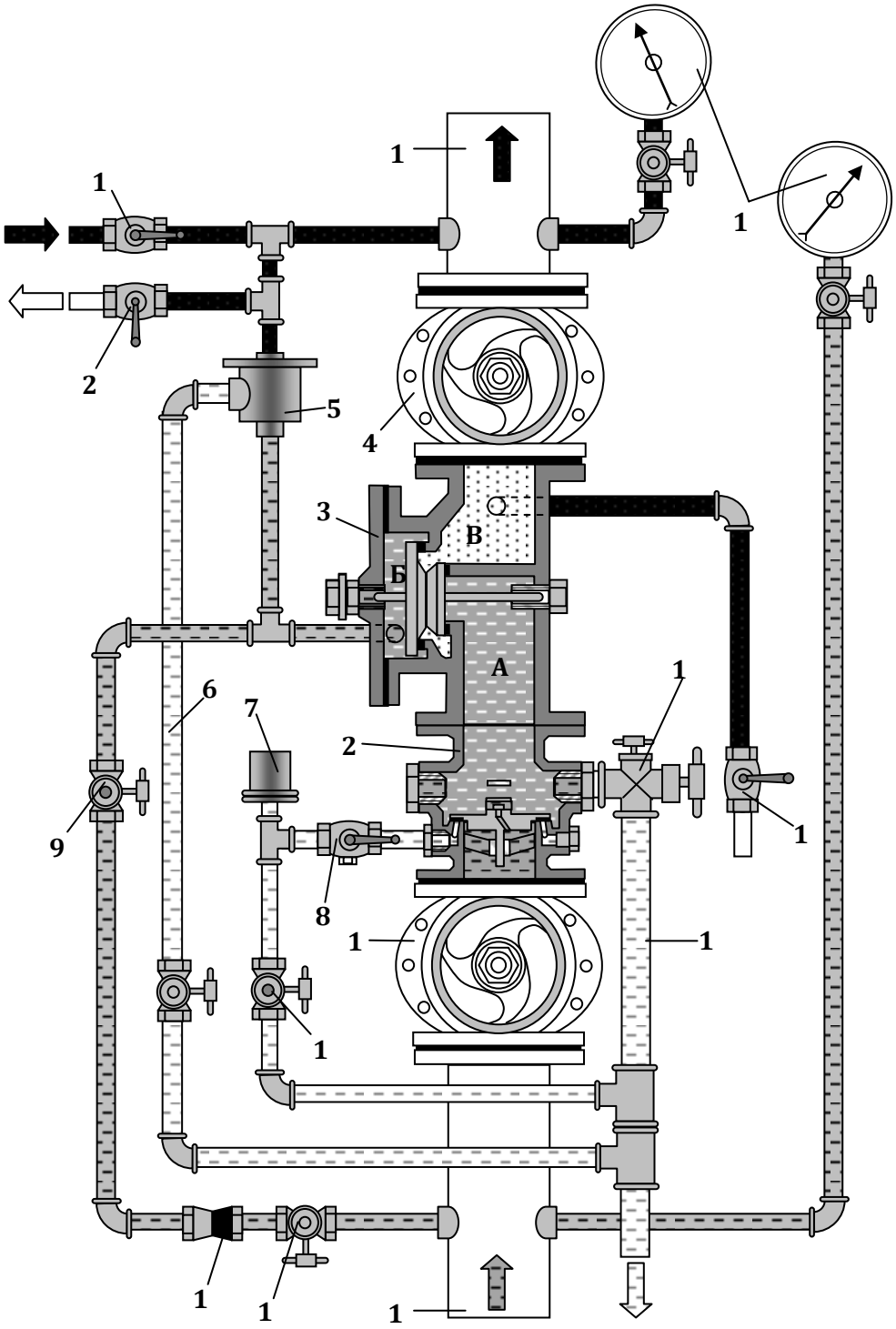


Рис. 1.18 – Вузол керування повітряно-водяної спринклерної системи із клапанами ВС, ГД, КВП:

1, 4 – засувки; 2 – водяний (ВС) КСК; 3 – клапан групової дії (ГД); 5 – клапан пусковий повітряний (КПВ); 6 – трубопровід для зливу води з камери Б клапана ГД; 7 – сигналізатор тиску; 8 – пробковий кран; 9, 10 – крани з малим отвором; 11 – зворотний клапан; 12 – вентиль; 13 – підвідний трубопровід; 14 – трубопровід для зливу води із системи; 15 – вентиль комбінований; 16 – кран ручного включення; 17 – манометр; 18 – живильний трубопровід; 19 – кран на трубопроводі від компресора; 20 – кран для випуску повітря із системи гасіння пожежі

Для заповнення мережі системи повітрям закривають засувку *1*, відкривають комбінований вентиль *15* і зливають воду із системи через трубопровід *14*; садять двотарілчастий клапан (ГД) *3* на сідло, закривають засувку *4*, кран *20* повітряного трубопроводу клапана спонукального повітряного (КВП) *5*, включають компресор і через кран *19* заповнюють систему стисненим повітрям до тиску 0,2 МПа (2 кгс/см^2) за показниками манометра *17*; відкривають вентиль *12* і через зворотний клапан *11* та кран із малим отвором *9* заповнюють водою спонукальну камеру Б клапана (ГД) *3*; закривають комбінований вентиль *15* і кран *8*, розташований на трубопроводі, що йде до сигналізатора (СДУ) *7*; відкривають засувку *1* і кран ручного включення *16* (відсутність витоку води свідчить про повну посадку клапана ГД); кран *16* закривають і відкривають засувку *4* та кран *8*.

При виникненні пожежі відкриваються спринклерні зрошувачі й тиск повітря в живильній мережі *18* і над клапаном (КВП) *5* падає, останній відкривається і вода зі спонукальної камери Б клапана (ГД) *3* через клапан (КВП) *5* по трубопроводу *6* зливається в каналізаційний трубопровід *14*. В результаті падіння тиску в камері Б двотарілчастий клапан (ГД) *3* зміщується вліво і вода з підвідного трубопроводу *13*, піднявши тарілку водяного клапана (ВС) *2*, надходить через камери А і В клапана (ГД) *3* на гасіння пожежі та кран *8* до сигналізатора тиску (СДУ) *7*. При відключенні сигналізатора (СДУ) *7* за допомогою крана *8* вода із сигнального трубопроводу через кран із малим отвором *10* зливається до каналізаційного трубопроводу *14*.

Після ліквідації пожежі система приводиться до працездатного стану. Для перевірки роботи закривають засувку *4* і відкривають кран *20* для випуску повітря. Після падіння тиску повітря клапани КВП, ГД і ВС спрацьовують. Для заповнення системи водою в літню пору закривають засувку *1*, кран *8*, кран із малим отвором *9* і вентиль *12*. Відкривають кран *20* для випуску повітря і комбінований вентиль *17* для зливу води, після чого їх закривають; відкривають засувку *1* і, заповнивши систему водою, відкривають кран *8*.

Вузол керування дренчерної системи зі швиглядкодіючим клапаном БК. Швиглядкодіючий клапан БК (рис. 1.19) застосовують для подачі води в мережу системи пожежогасіння, причому виключається небезпека виникнення гідравлічного удару в підвідному трубопроводі *1,* завдяки застосуванню пристрою *10*, що контролює процес закривання клапана *3*, припиняючи його за підвищення тиску до заданої межі. У стані готовності поршень клапана знахо-

диться в нижньому положенні і затвор перекриває надходження води з підвідного трубопроводу *1* у живильний трубопровід *4.*

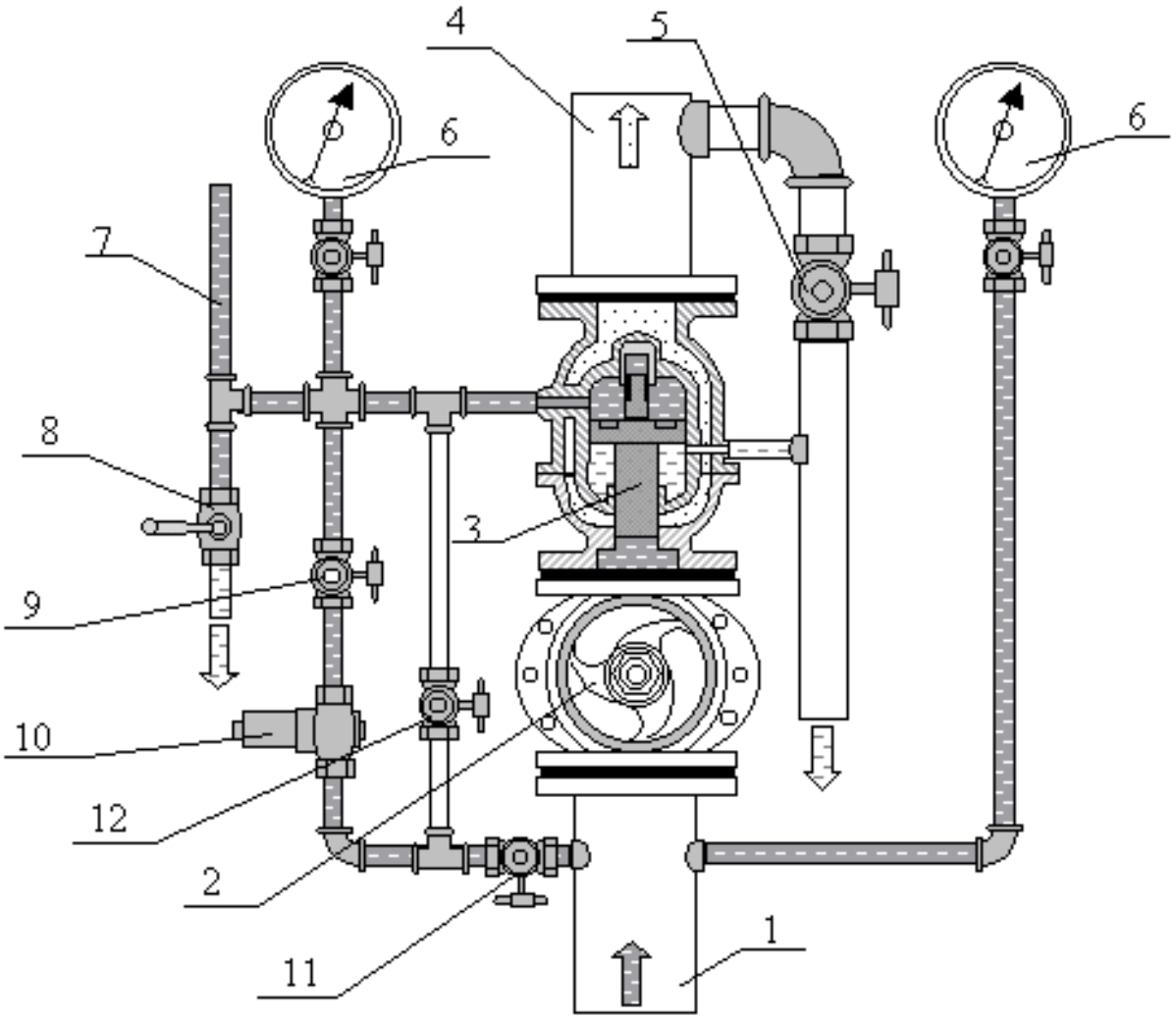


Рис. 1.19 – Вузол керування дренчерної системи зі швиглядкодіючим клапаном:

1 – підвідний трубопровід; 2 – засувка; 3 – клапан БК; 4 – живильний трубопровід; 5 – вентиль для спорожнення системи; 6 – манометр; 7 – спонукальний трубопровід; 8 – кран ручного включення і вимкнення системи; 9 – кран із малим отвором; 10 – контролюючий клапан; 11, 12 – вентилі

Камера А клапана через кран із малим отвором *9,* що контролює пристрій *10* і вентиль *11,* сполучається з підвідним трубопроводом *1*, тому тиск у камері А й підвідному трубопроводі є однаковим (за показниками манометрів *6).* Клапан притискається до сідла, тому що площа поршня гідроприводу більше прохідного перерізу клапана. При спрацьовуванні спонукальника (спринклер, легкоплавкий тросовий замок) тиск у спонукальному трубопроводі *7* і на поршень

клапана *3* падає. Під дією тиску на таріль затвора останній піднімається нагору і відкриває подачу води з підвідного трубопроводу *1* у живильний трубопровід *4.* Ручний пуск здійснюють за допомогою крана *8.* Для вимкнення подачі води в систему кран *8* закривається; вода зі спонукального трубопроводу *1* через вентиль *11*, контролюючий клапан *10* і кран із малим отвором *9,* надходить у верхню порожнину гідроприводу клапана (КМ) *3,* опускає поршень гідроприводу у вихідне положення, і затвор закриває подачу води. Для спорожнення системи закривають засувку *2,* вентилі *11* і *12* і відкривають вентиль *5.* В наш час зустрічаються дві модифікації клапанів: одна (БК) має гідропривід у вигляді гідроциліндра з поршнем, в іншої – привод виконаний у вигляді мембрани (КМ).

Клапан швиглядкодіючий гідравлічний з електромагнітним і дублюючим механічним приводом (КБГЭМ) і дублюючим гідравлічним приводом (КБГЭМ-М) (рис. 1.20). Для підвищення ефективності протипожежного захисту технологічних процесів пожежонебезпечних виробництв застосовують швиглядкодіючі дренчерні системи із клапаном КБГЭМ і КБГЭМ-М (рис. 1.20). Клапан КБГЭМ має електромагнітний привод *8*, на який надходить керуючий імпульс від спонукальної системи пожежної сигналізації, та дублюючий механічний привод. Останній являє собою блокувально-натяжний пристрій (БНУ). Під впливом високої температури термочутлива нитка *26* обривається і під тиском пружини *25* поршень *23* рухається в корпусі (БНУ) *18* вліво, повертаючи важіль *21*; засувка *20*, що звільнилася, відпускає натяжну нитку *19* (важіль *21* можна повернути за допомогою троса ручного пуску *22* або тиском води на поршень *25*). При цьому запірно-пусковий пристрій звільняє поршень *4* підсилювально-пускової камери *5*. Зуб поршня *3* звільняє сектор-важіль *2,* що під тиском води на золотник *14* у підвідному трубопроводі *15* повертається на осі, й вода через корпус клапана надходить у систему гасіння. Поршень *4* відділений від рідини гумовою мембраною *12,* що притискається кришкою *6.* Площа поршня *4* більше площі золотника *14,* тому в робочому стані сила тиску води, що надходить у підсилювально-пускову камеру *5* по трубці *13* через штуцер *10,* витікає поршень донизу. Пуск клапана КБГЭМ-М може здійснюватися шляхом розгерметизації підсилювально-пускової камери *5* за допомогою гідравлічного прискорювача *7* і гідравлічного дублюючого приводу ГДП. Для заповнення водою лінії ГДП відкривають вентиль *27* і вентиль 30 для випуску повітря, після чого обидва вентилі закривають. При обриві термочутливої нитки *17*

спрацьовує тепловий замок *16,* тиск у лінії ГДП зменшується, і через гідравлічний прискорювач *7* відбувається скидання води із підсилювально-пускової камери *5*. Сила тиску води на поршень *4* через мембрану *12* зменшується, і під тиском води в підвідному трубопроводі *15* золотник *14* відкривається, повертаючи на осі сектор-важіль *2.* Вода надходить на гасіння пожежі.

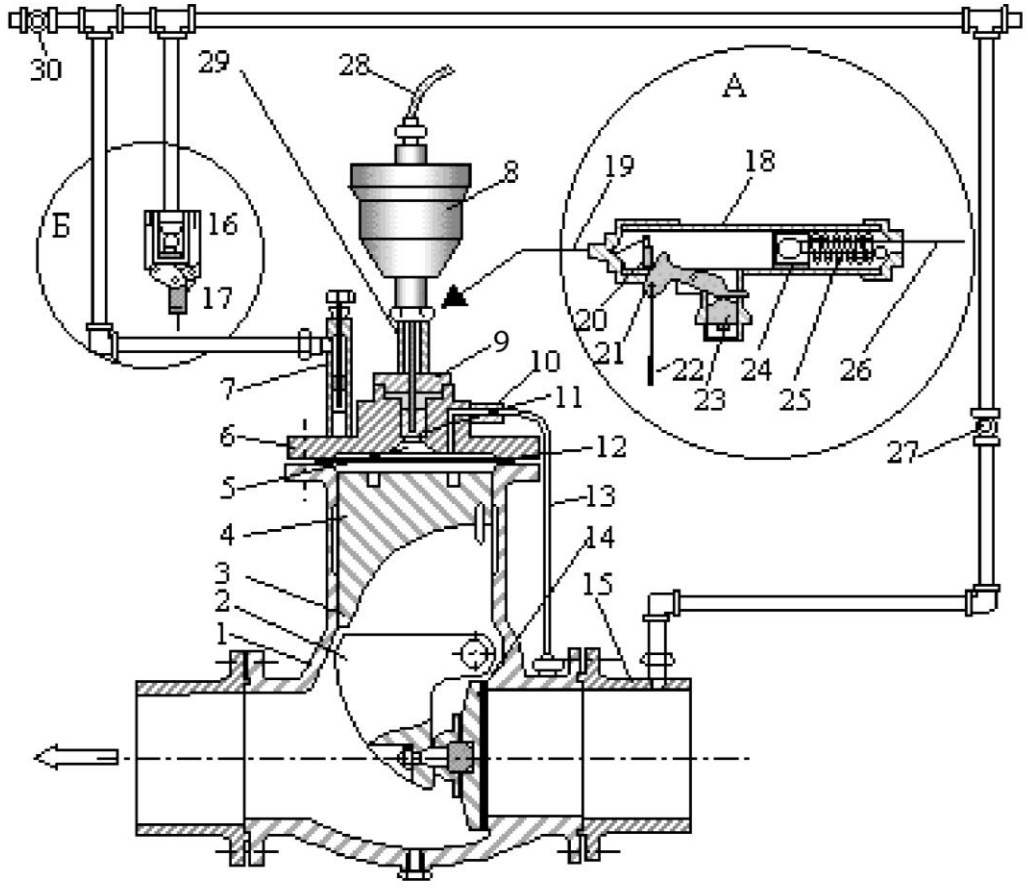


Рис. 1.20 – Клапан швиглядкодіючий з електромеханічним (КБГЭМ) і дублюючим гідравлічним приводами (КБГЭМ-М):

А – блокувально-натяжний пристрій клапана (КБГЭМ); Б – тепловий замок із гідравлічним дублюючим приводом клапана (КБГЭМ-М); 1 – корпус клапана; 2 – сектор-важіль; 3 – зуб поршня; 4 – поршень; 5 – підсилювально-пускова камера; 6 – кришка; 7 – гідравлічний прискорювач; 8 – електромагнітний привід; 9 – плунжер; 10 – штуцер; 11 – поршень електромагнітного приводу; 12 – мембрана; 13 – трубка; 14 – золотник; 15 – підвідний трубопровід; 16 – тепловий замок; 17 – термочутлива нитка; 18 – корпус блокувально-натяжного пристрою; 19 – натяжна нитка; 20 – засувка; 21 – важіль; 22 – трос ручного приводу; 23 – поршень штуцера; 24 – поршень; 25 – пружина; 26 – термочутлива нитка; 27 – вентиль живильної лінії; 28 – кабель електромагнітного приводу; 29 – запірно-пусковий пристрій; 30 – вентиль для випуску повітря

Комбінований вузол керування (КВУ) повітряної спринклерної системи (рис. 1.21). Особливістю вузла керування є те, що пуск системи здійснюється при одночасному спрацьовуванні теплового замка спринклерного зрошувача й пожежних сповіщувачів системи пожежної сигналізації.

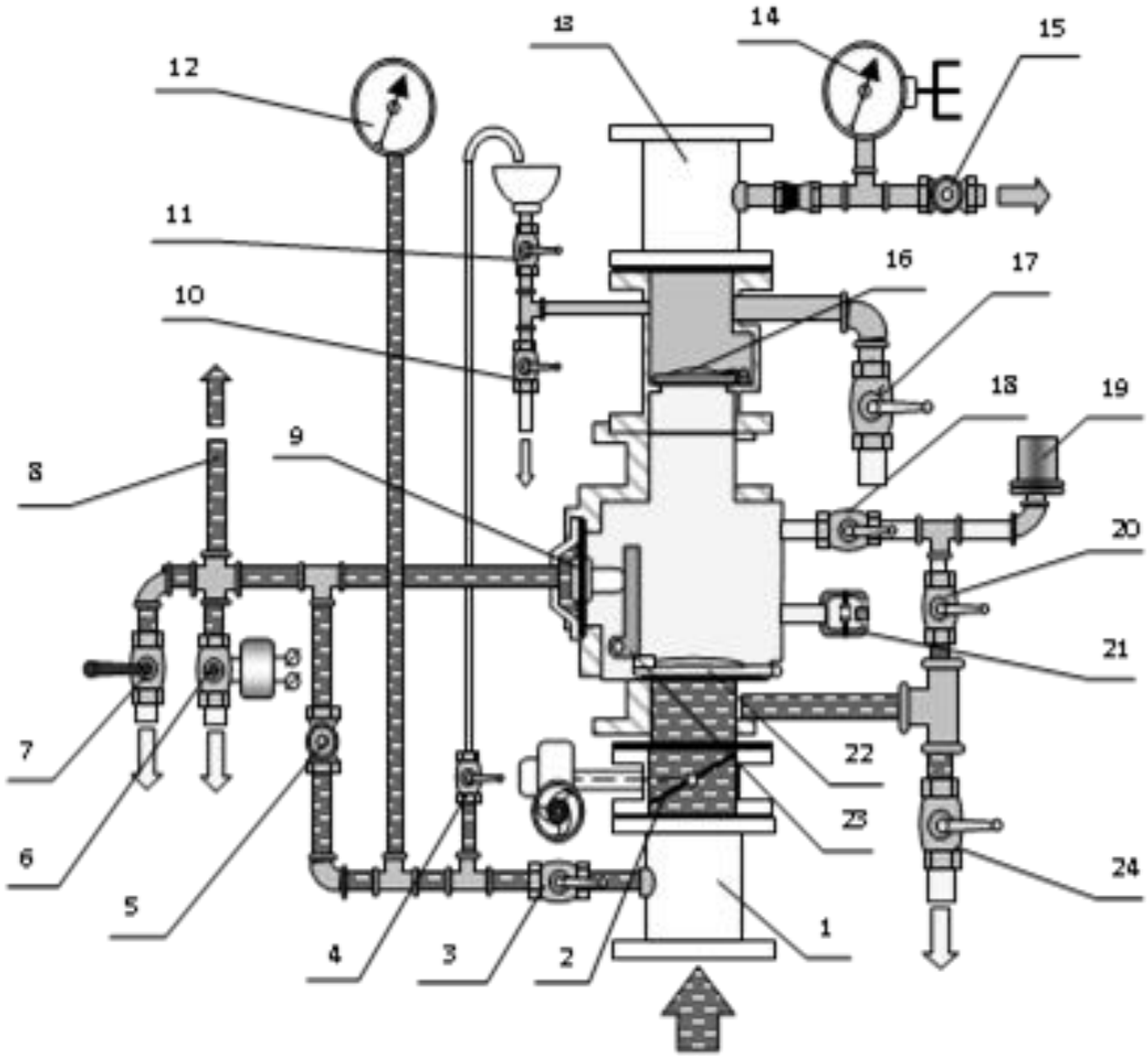


Рис. 1.21 – Комбінований вузол керування повітряної спринклерної системи:

1 – секція підвідного трубопроводу; 2 – електрозасувка з дублюючим ручним приводом; 3, 10, 11, 18 – шаровий кран; 4 – дублюючий ручний привод; 5 – дросель; 6 – кран електропуску; 7 – ручний кран пуску; 8 – трубопровід до спонукальної системи; 9 – шток пускового клапана, 12, 14 – манометр; 13 – трубопровід до розподільчої мережі; 15 – трубопровід підключення компресора; 16 – повітряний сигнальний клапан; 17, 24 – зливний кран; 19 – сигналізатор тиску; 20 – шаровий кран для перевірки без підриву; 21 – контрольно-запірний клапан; 22 – запірний клапан; 23 – засувка

У черговому режимі відкритими є:

– вхідна засувка 2 з електроприводом і дублюючим ручним приводом 4;

– кран 18 сигналізатора тиску 19;

– кран 3 високих тисків живлення пускового клапана 9 і гідравлічної спонукальної системи 8.

Інші крани органу вузла керування перебувають у закритому положенні.

Запірний клапан *22* закритий і перебуває на засувці *23* під дією зусилля штока пускового клапана *9*. Порожнина над клапаном *22* сполучається з атмосферою через відкритий контрольно-запірний клапан *21*. Повітряний сигнальний клапан *16* закритий і притискається до сідла надлишковим повітряним тиском (0,3...0,5 кг/см^2) у спринклерній розподільній мережі. Контактний манометр *14* показує тиск у розподільній мережі й забезпечує включення компресора за умови падіння тиску нижче 0,3 кг/см^2. Манометр *12* показує тиск у підвідному трубопроводі. Закривають кран *18* трубопроводу сигналізатора тиску. Відкривають кран *20* перевірки. Відкривається доступ води із підвідного трубопроводу, до сигналізатора тиску *19* і приводить систему в дію. Включаються пожежні насоси, виглядається тривожне повідомлення на ПЦС. Під час перевірки системи запірний клапан закритий, і вода в розподільну систему не подається. Після закінчення перевірки кран *20* закривають і відкривають кран *18* трубопроводу сигналізатора тиску, і система повертається у вихідний стан.

Перевірка роботи системи з підривом клапанів здійснюється краном ручного пуску. Після закінчення перевірки необхідно провести відновлення системи в повному обсязі.

При спрацьовуванні пожежних сповіщувачів системи пожежної сигналізації електричний сигнал подається на кран *6* електропуску системи. Кран *6* відкривається, й тиск у лівій порожнині пускового клапана *9* падає (отвір у дроселі *5* є досить малим, й витрати води через нього не можуть компенсувати витрат через відкритий кран *9*). Під дією тиску води у підвідному трубопроводі, запірний клапан *22* відкривається й вода, відтискаючи повітряний сигнальний клапан *16*, надходить у спринклерну розподільну мережу. Одночасно тиском води закривається контрольно-запірний клапан *21,* і через відкритий кран *18* вода надходить до сигналізатора тиску *19*. Формується електричний сигнал на включення насосів основного водоживильника й сигнал про спрацьовування системи. Гасіння по-

жежі почнеться тільки в тому випадку, якщо будуть розкриті теплові замки спринклерних зрошувачів.

Після вимикання системи вхідна засувка є закритою, закритий і кран *3*. Далі необхідно виконати:

1. Відкрити кран *17* і злити воду з розподільчої мережі;
2. Відкрити кран *24* і злити воду з корпуса запірного клапана *22*;
3. Закрити крани *17* і *24*;
4. Відновити працездатність спринклерної розподільчої мережі;
5. Закрити крани пуску системи *6* і *7*;
6. Провернути ключем вісь фіксатора на 90° і встановити запірний клапан на засувку;
7. Відкрити кран *3* і встановити фіксатор на гідрозамок;
8. Закрити кран *18* сигналізатора тиску й відкрити вхідну засувку *2*;
9. Переконатися в герметичності посадки запірного клапана (відсутні протікання крізь контрольно-запірний клапан *21*);
10. Відкрити кран *18* сигналізатора тиску;
11. Відкрити крани *11* і *4* та залити повітряний сигнальний клапан водою до появи води в заливній горловині;
12. Закрити крани *4* і *11*
13. Відкрити кран *10* і злити надлишки води з корпуса повітряного клапана. Після закінчення кран *10* закрити.

Включити компресор і проконтролювати герметичність спринклерної розподільчої мережі.

1.5 Призначення, сфера застосування, класифікація систем пінного пожежогасіння

Автоматичні системи пінного пожежогасіння (АСПП) призначені для виявлення і ліквідації або локалізації пожеж і загорянь, а також сигналізації про їх виникнення на промислових об'єктах і у складських приміщеннях. За способом впливу на осередок пожежі АСПП поділяють на системи загальноповерхневого, локально-поверхневого, загально об'ємного, локально-об'ємного і комбінованого гасіння.

АСПП загальноповерхневого типу: дренчерні – для захисту всієї розрахункової площі; системи для захисту резервуарів з горючими рідинами.

АСПП локально-поверхневого типу: для захисту окремих апаратів, трансформаторів, окремих ділянок приміщень; дренчерні – для захисту окремих об'єктів, апаратів.

АСПП загальнооб'ємного типу призначені для заповнення об'ємів, що потребують захисту.

АСПП локально-об'ємного типу використовують для заповнення окремих об'ємів технологічних апаратів, повітроводів, невеликих вбудованих складських приміщень та ін.

У *комбінованих АСПП* поєднані схеми систем локально-поверхневого і локально-об'ємного гасіння, що використовуються для одночасної подачі піни в об'єм або по поверхні технологічних апаратів і на поверхню навколо них.

За способом дозування піноутворювача в потік води АСПП поділяють на системи з використанням готового розчину, з подачею піноутворювача насосами-дозаторами й автоматичними дозаторами ежекторного типу.

Піноутворювачі підрозділяються на біологічно "м'які", біоруйнівність яких становить більше 80 % і біологічно "тверді", біоруйнівність яких дорівнює не більше 40 %.

При розрахунку систем пінного пожежогасіння використовується поняття *кратності піни*. У залежності від величини кратності піну поділяють на:

- піну низької кратності (кратність не більше 20);
- піну середньої кратності (кратність від 20 до 200);
- піну високої кратності (кратність більше 200).

Піноутворювачі всіх типів рекомендується зберігати в концентрованому вигляді в закритих ємностях. У приміщенні, в якому зберігаються піноутворювачі, повинна бути температура не вище 40 °С й не нижче 5 ºС, що забезпечує нормальне зберігання продукту і можливість негайного його використання.

Усі піноутворювачі при кількаразовому замерзанні й наступному поступовому відтаванні не втрачають своїх первісних властивостей. Замерзлий піноутворювач необхідно розморозити, не допускаючи при цьому його розведення і розкладання, потім перемішати і після цього робити розвантаження. Для розігріву піноутворювача можна використовувати паровий змійовик з відводом конденсату за межі цистерни; при цьому температура піноутворювача в цистерні не повинна перевищувати 60 °С.

З підвищенням середньої температури на кожні 10 °С термін зберігання зменшеується в 2 рази. Оптимальна температура збереження піноутворювача становить 20 °С.

Найкраща збереженість піноутворювачів забезпечується при їхньому зберіганні в ємностях з нержавіючої сталі або полімерних матеріалів, у тому числі у сталевих ємностях із внутрішнім полімерним покриттям. У цих умовах термін зберігання піноутворювачів становить не меншее 10 років.

Допускається збереження піноутворювачів (крім фторованих) в ємностях з вуглецевої сталі. Однак внаслідок корозії металу якість піноутворювачів погіршується, що знижує терміни їхнього зберігання.

Піноутворювачі, які застосовувались раніше в СРСР, в основному (близько 90 %) відносилися до біологічно "твердого" продукту (біоруйнівність - не більше 40 %). Якщо врахувати, що щорічно в СРСР випускалося більше 60 тис. тонн піноутворювачів, очевиглядною є завдана шкода при їх потраплянні у водоймища і ріки.

В наш час не можна представити життя без використання фторувмісних піноутворювачів, це і підшарове гасіння, і гасіння полярних (водорозчинних) рідин, і гасіння резервуарів з паливом великих об’ємів.

На думку фахівців, політика застосування фторованих піноутворювачів повинна будуватися не на заборонній основі, а містити в собі розробку нових ефективних, менше токсичних вогнегасних сполук.

Пінні зрошувачі й генератори. Для утворення повітряно-механічної піни і подачі її в осередок пожежі АСПП застосовують пінні зрошувачі й генератори. Зрошувачі пінні спринклерні ОПС (діафрагменні) і ОПСР (розеткові), зрошувачі пінні дренчерні ОПД (діафрагменні) і ОПДР (розеткові) (рис. 1.22) призначені для одержання піни низької кратності з водних розчинів піноутворювачів і для розподілу піни по площі, що підлягає захисту.

Рис. 1.22 – Пінний спринклерний зрошувач СП00-РУg 0.74-R1/2/P68.B3 (СПУ-15)

Найбільш простий за конструкцією пінний зрошувач нагадує звичайний водяний (1.22).

Зрошувач типу ОПСР (рис. 1.23, а), у нижню частину штуцера *3* якого ввернуто спринклер, працює у такий спосіб. При нагріванні легкоплавкий замок *7* розплавляється, перестаючи утримувати важелі *2,* центральний з яких (вертикальний) утримує запірний клапан *4.* Після розпаду замка він разом із важелями і запірним клапаном ви-

кидається назовні. Розчин піноутворювача виходить через отвір *3* у штуцері, запресованому в дифузор (розтруб) *5,* вдаряється об розетку *1* і розпорошується. Через отвори у верхній частині дифузора (їх чотири, завдяки турбулізації середовища і деякому розрідженню, створюваному струменем розчину) ежектується повітря, яке інтенсивно перемішується з подрібненим розчином, й на стінках дифузора утворює піну кратністю 4-20. Утворення піни у зрошувачі ОПДР відбувається аналогічним чином.

Площа зрошування за висоти розташування ОПСР або ОПДР 4 метри і тиску перед зрошувачем 0,3 МПа становить 12 м^2. Ці зрошувачі відрізняються від ОПС та ОПД значно меншеою масою (майже в 2,5 рази) меншеими габаритами (за висотою). Зрошувачі ОПС і ОПДР мають діаметр витікання 10 і 15 мм.

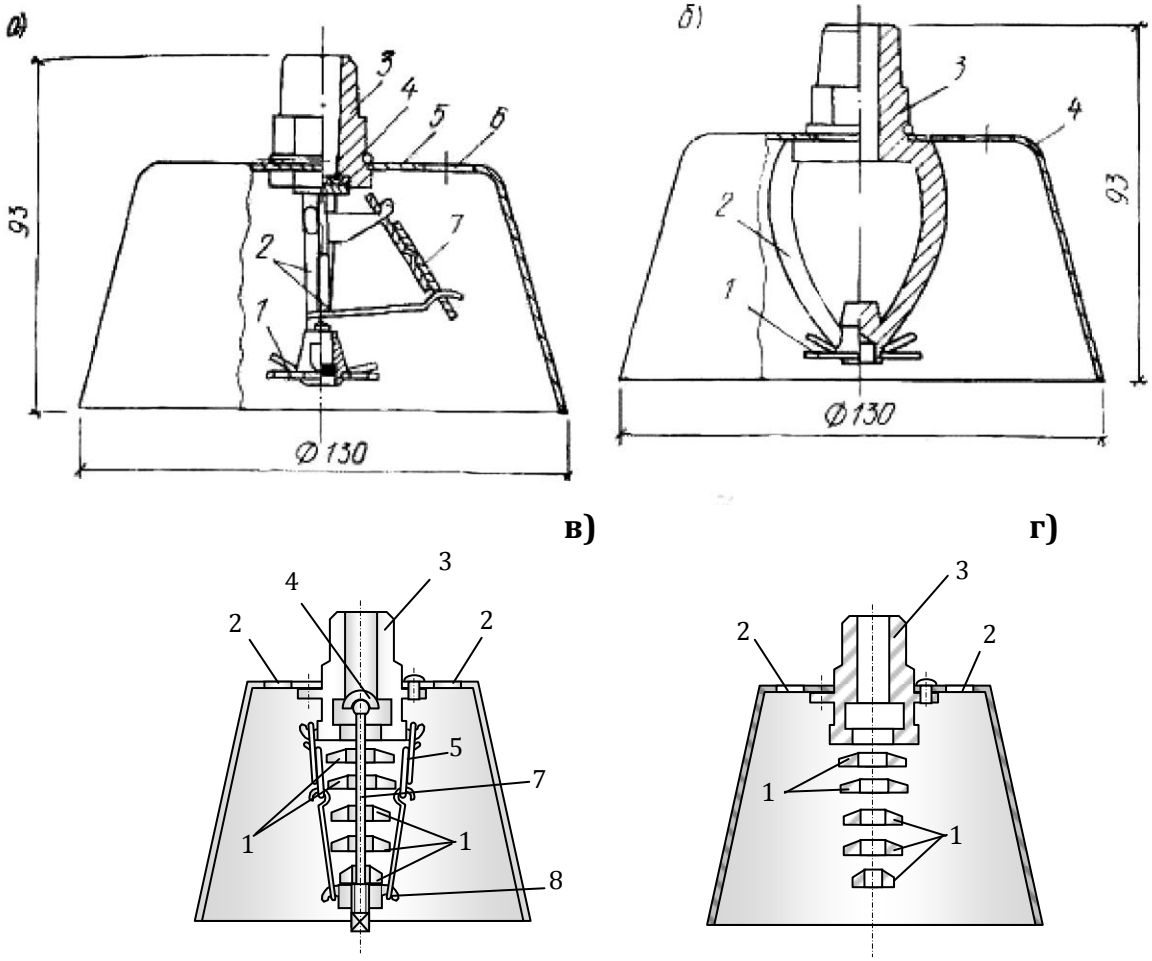


Рис. 1.23 – Пінні спринклерні та дренчерні зрошувачі:

а) спринклер розетковий: 1 – розетка; 2 – важелі; 3 – штуцер; 4 – клапан; 5 – корпус дифузора; 6 – отвір; 7 – легкоплавкий замок;

б) дренчер розетковий: 1 – розетка; 2 – дужка (стремінце); 3 – штуцер; 4 – корпус дифузора;

в, г) спринклер діафрагменний: 1 – нижня діафрагма; 2 – отвір; 3 – корпус зрошувача; 4 – клапан; 5 – тепловий замок; 6 – дифузор; 7 – шток; 8 – натяжна гайка

Час спрацьовування теплового замка (залежно від температури його руйнування) становить 210-390 с.

Процес роботи зрошувачів ОПС і ОПД є дещо більш складним. При виникненні пожежі нагрівається і розплавляється тепловий замок *5* (рис. 1.23, в), що утримує в закритому положенні клапан *4* через шток *7* і натяжну гайку *8.* Після руйнування теплового замка клапан *4* через проріз викидається назовні, шток опускається і зависає на нижній діафрагмі *1* діафрагменного розпилювача, а натяжна гайка з розтяжками теплового замка *5* викидається з корпуса зрошувача *3.* Струмінь розчину, що надходить у зрошувач через отвір у штуцері, який переходить у конічний, "зрізається" по діаметру конічними поверхнями діафрагм і, таким чином, надходить на поверхню діафрагм у вигляді плоского струменя. Плоскі струмені розчину, що виходять із трьох верхніх діафрагм, набуваючи турбулентного характеру, захоплюють повітря, що надходить у зрошувач через отвір *2*, і вдаряються об стінку дифузора *6.* На стінці дифузора піноутворюючий розчин інтенсивно перемішується з повітрям і утворює повітряно-механічну піну. Плоскі струмені, що виходять із двох нижніх діафрагм, не співударяються зі стінкою дифузора, а підхоплюють піну, що стікає по його утворюючій, і розподіляються по площі, що підлягає захисту. Зрошувач ОПД працює аналогічним чином.

Зрошувачі типів ОПС і ОПД установлюються на висоті 4–20 м. Вони зрошують піною площу 9–23 м^2 за робочого тиску 0,3 МПа (3 кгс/см^2) і витрати піни 24 л/с. Мінімальна кратність піни, одержуваної зі зрошувачів ОПС і ОПД, дорівнює восьми. У дренчерних системах застосовують також пінні генератори типів ОЭ-50 і ОЭ-25 (зрошувачі евольвентні з вихідними отворами діаметром 50 або 25 мм). Вони зрошують площу до 27 м^2 (за висоти розташування 4 м). Продуктивність генератора ОЭ-50 за розчином - 15 л/с, генератора ОЭ-25 – 3,6 л/с за тиску 0,3 МГ (3 кгс/см^2). Зрошувачі ОЭ-25 і ОЭ-50 відрізняються тільки розмірами і являють собою пристрій відцентрового типу для розпилювання рідини із входом її в генератор по евольвентній кривій.

Зрошувач типу ОЭ (рис. 1.24) складається з корпуса *1* вкладиша *2* з чотирма прорізами. Вкладиш зміщений відносно центру корпуса. Струмінь піноутворюючого розчину закручується в корпусі й виходить через вихідний отвір у вигляді краплинного потоку з кутом розкриття 90°.

Для одержання повітряно-механічної піни середньої кратності (до 100) існує два типи генераторів – ГПСС і ГДСМ (ГЧСМ). Генератори типу ГПСС виготовляють у трьох модифікаціях: ГПСС-200,

ГПСС-600 і ГПСС-2000 продуктивністю за піною, відповідно, 200, 600 і 2000 л/с. Генератори мають однакову конструкцію й відрізняються тільки габаритами.

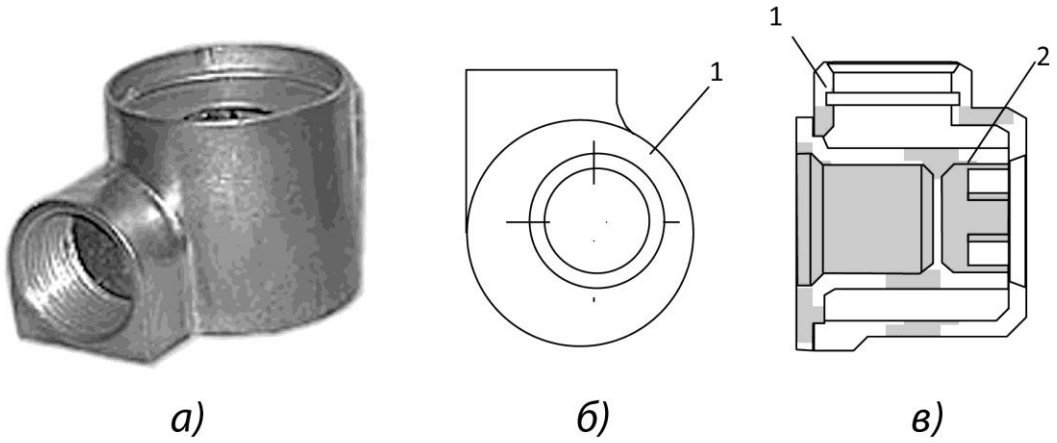


Рис 1.24 – Зрошувач евольвентний:

а) загальний вигляд; б) загальна схема; в) поздовжній розріз;
1 – корпус; 2 – вкладиші з чотирма прорізами

Генератор ГПСС (рис. 1.25) складається з розпилювача відцентрового типу *4*, корпуса *3*, що має конфузорну, дифузорну і напрямну *1* частини, і пакет сіток *2*, розташованого між дифузорною і напрямною частинами корпуса. Розпилювач із корпусом з'єднаний металевими скобами. Водний розчин піноутворювача, надходячи у відцентровий розпилювач, утворює краплинний потік, що під час руху в корпусі підсмоктує навколишнє повітря через конфузорну частину. Потік, що надходить на пакет сіток, утворює повітряно-механічну піну. Робочий напір на вході в розпилювач - 0,4–0,6 МПа (4–6 кгс/см^2).

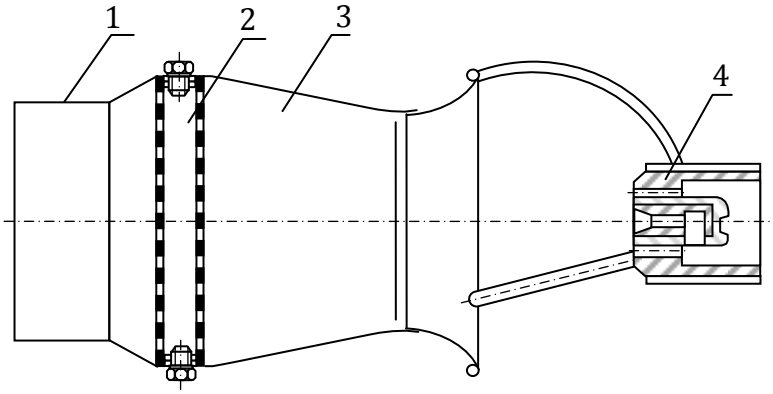
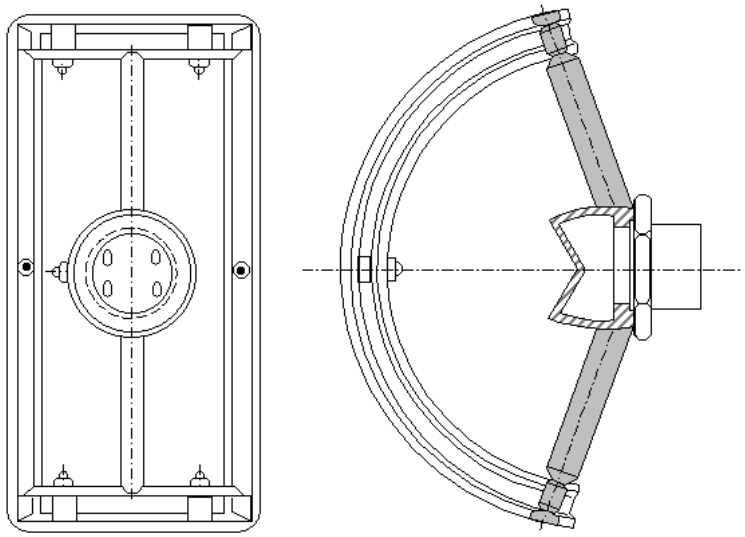


Рис. 1.25 – Генератор повітряно-механічної піни середньої кратності для стаціонарної системи типу ГПСС:

1 – напрямна частина для потоку піни; 2 – пакет сіток; 3 – корпус; 4 – відцентровий розпилювач

Генератори типу ГДСМ або ГЧСМ (дво- або чотириструмінні) використовуються для гасіння поверхонь горючих рідин плоским струменем повітряно-механічної піни. Генератор типу ГДСМ або ГЧСМ (рис. 1.26) складається з розпилювача струминного типу *2* і пакета сіток *1,* з'єднаного з розпилювачем скобами. Розпилювач являє собою металевий пустотілий виливок, передня стінка якого увігнута усередину під кутом. У площинах наявні циліндричні отвори, осі яких перетинаються за межами корпуса. При подачі піноутворюючого розчину в корпус розпилювача циліндричні отвори формують струмені, що співударяються за межами розпилювача, створюючи плоский краплинний потік перед пакетом сіток. На сітках утворюється повітряно-механічна піна середньої кратності (40-50), що у вигляді віяла шириною до 6 і довжиною до 8 м (при куті нахилу генератора до горизонту 30°) подається на площу, що підлягає захисту. Генератори різняться між собою числом струменів що співударяються: у ГДСМ – 2 струмені, у ГЧСМ – 4 струмені. Витрата піноутворюючого розчину: з генераторів ГДСМ – 3,12-4,04 л/с, з генераторів ГЧСМ – 6,6-10,4 л/с при напорах відповідно 0,2-0,5 МПа (2-5 кгс/см^2).



а) **б)**

Рис 1.26 – Генератор повітряно-механічної піни струминний типу ГЧСМ:

а) загальний вигляд; б)– розріз;1 – пакет сіток; 2 – чотириструминний розпилювач

Рис. 1.27 – Зрошувач пінний моделі FS

Гідравлічний клапан керування подачею піноутворювача фірми «TYCO»

Гідравлічний клапан керування подачею піноутворювача складається з кульового клапана з нержавіючої сталі 316 з умовним проходом, що звужується і з'єднаннями під різьблення BSPP, на який навішується пускач подвійної дії на чверть обороту з нержавіючої сталі 316. Пускач показує, коли кульовий клапан відкритий або закритий. Відповідно до стандартів FM, у пускача є ручне керування, і клапан повинен закриватися вручну. Клапан не вимагає застосування електричної сили, а приводиться в дію тиском води (наприклад, подачею води зі спеціального виходу на вузлі керування). Пускач буде відкривати клапан при подачі тиску води від 2,6 до 11 бар.

Застосування. Гідравлічний клапан керування подачею піноутворювача необхідно застосовувати в пінно-водяних системах із баком, коли бак із піноутворювачем постійно знаходиться під тиском. Гідравлічний клапан керування подачею піноутворювача встановлюється в лінію подачі піноутворювача прямо перед входом у кожен змішувач. Коли клапан відкривається, тиск у лінії запуску пускає в хід пускач. В аналогічний спосіб гідравлічні клапани керування подачею піноутворювача використовуються в пінно-водяних системах із насосом із балансуванням по тиску, що дозволяє направити піноутворювач у більш ніж одну зону. Гідравлічні клапани керування подачею піноутворювача також використовуються в пінно-водяних системах із баком, що не знаходяться під тиском, коли змішувач перебуває нижче, ніж верх бака. У такому випадку клапан запобігає будь-якому проникненню піноутворювача в лінію подачі води.

Рекомендовані типи піноутворювача. Гідравлічний клапан керування подачею піноутворювача може використовуватися з будь-якими типами піноутворювача.

Таблиця 1.3 – Необхідний номінальний розмір клапана

Розмір змішувача	Пінно-водяна система з баком	Пінно-водяна система з насосом
2"	1"	1"
2"	1"	1"
3"	1 ¼"	1"
4"	1 ½"	1 ½"
6"	2"	1 ½"
8"	2 ½"	2"

Примітка: розміри мають бути перевірені гідравлічними розрахунками.

Таблиця 1.4 – Опис номенклатури виробів

Номер виробу	**Опис**	**Втрата тиску (бар)**	**Вага (кг)**
95FCV025	1" гідравлічний клапан керування подачею піноутворювача		4.3
95FCV032	1 ¼" гідравлічний клапан керування подачею піноутворювача		5.1
95FCV040	1 ½" гідравлічний клапан керування подачею піноутворювача		8.2
95FCV050	2" гідравлічний клапан керування подачею піноутворювача		9.3
95FCV065	2 ½" гідравлічний клапан керування подачею піноутворювача		14.9
95FCV080	3" гідравлічний клапан керування подачею піноутворювача		21.0

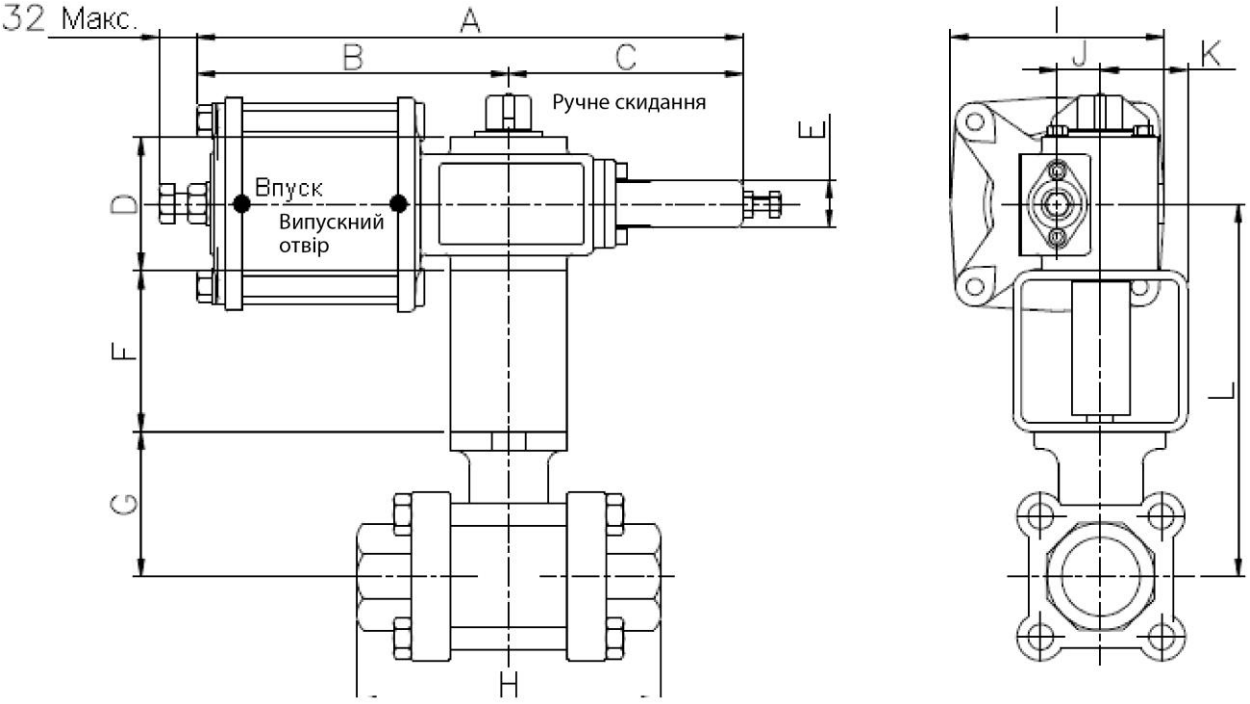


Рис. 1.28 – Генератор повітряно-механічної піни струминний типу ГЧСМ

Таблиця 1.5 – Розміри

Розмір	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	Модель	Впуск (NPT)
1”	229	140	89	70	19	60	52	109	103	19	50	147	79S-003	1/8”
1 ¼”	229	140	89	70	19	60	53	117	103	19	50	149	79S-003	1/8”
1 ½”	326	192	134	76	28	80	67	129	116	25	50	165	79B-006	1/8”
2”	326	192	134	76	28	80	76	142	116	25	50	192	79B-006	¼ “
2 ½”	312	178	134	76	28	100	89	174	122	25	50	206	79B-015	¼ “
3”	466	233	224	109	45	100	101	193	157	25	56	218	79B-023	¼ “

Відновлення пускача

Пускач може бути відновлений вручну одним із наступних способів:

1. Ковпак індикатора положення зроблений із пластику і є гнучким. Не допускається відкручування гвинта цього ковпака. Слід штовхнути гнучкий колпак нагору за допомогою викрутки. Через свою гнучкість ковпак залишиться в колишнім положенні. Випускний штовхальник пускача за допомогою гайкового ключа можна повернути за годинниковою стрілкою в напрямку до положення «зачинено». Після відновлення пускача гнучкий покажчик (ковпак) необхідно потягнути вниз для відновлення нормального режиму роботи.

2. Якщо ковпак пластикового індикатора знятий з якої-небудь причини, то канавка (5 мм) знаходиться поперек квадрата штовхальника. Канавка показує напрямок отвору кулі («зачинено»). Після того як пускач у закритій позиції був відновлений вручну за допомогою гайкового ключа, гнучкий покажчик необхідно повернути на канавку і затягти гвинтом.

Дозуючі пристрої автоматичних пінних систем пожежогасіння.

1. *Спосіб об'ємного дозування* полягає у змішуванні в резервуарі води і піноутворювача у певних пропорціях.

2. *Дозування піноутворювачів насосами-дозаторами* (рис. 1.29) полягає в подачі піноутворювача з ємності *4* у потік води напірного трубопроводу основного насоса *1* через дросельну шайбу *2* насосом-дозатором *3.*

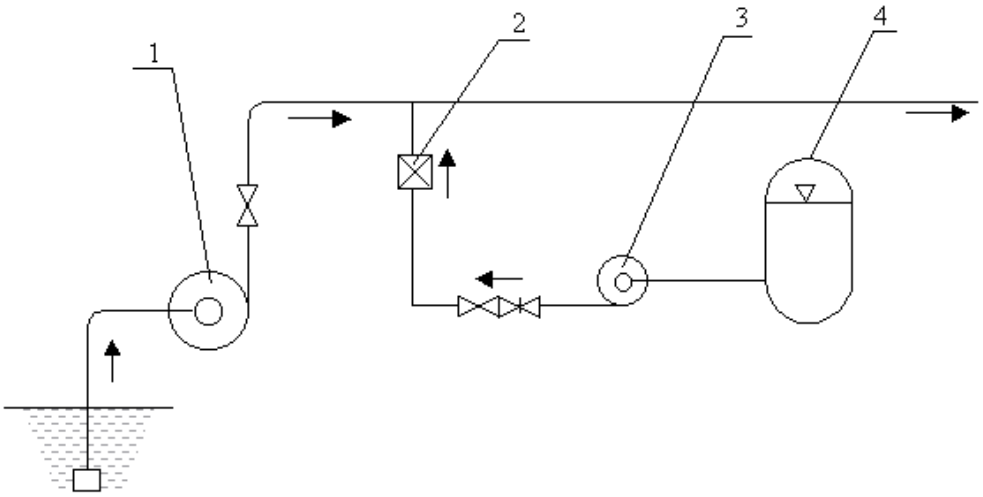


Рис. 1.29 – Схема пристрою для дозування піноутворювача:

1 – основний насос; 2 – дросельна (дозуюча) шайба; 3 – насос-дозатор; 4 – бак для піноутворювача

3. *Автоматичний дозатор типу ДА із трубою Вентурі* (рис. 1.30) має струминний змішувач ежекторного типу, діафрагменно-плунжерний регулятор і сполучні труби. Струминний змішувач складається із сопла *1*, змішувальної камери *2* і дифузора *10.* У діафрагменно-плунжерний регулятор входить діафрагма *6,* яка пов'язана зі штоком *7*, на якому укріплений плунжер *8*, з іншого боку діафрагму підпружинено. Тиск пружини регулюється гвинтом *4.* Плунжер закриває сідло клапана *9* в усмоктувальній порожнині *3.* По обидва боки в порожнину діафрагми підведені через штуцери *5* імпульсні трубки *11* від труби Вентурі *14,* установленої на напірному трубопроводі *12* основного насоса *13.*

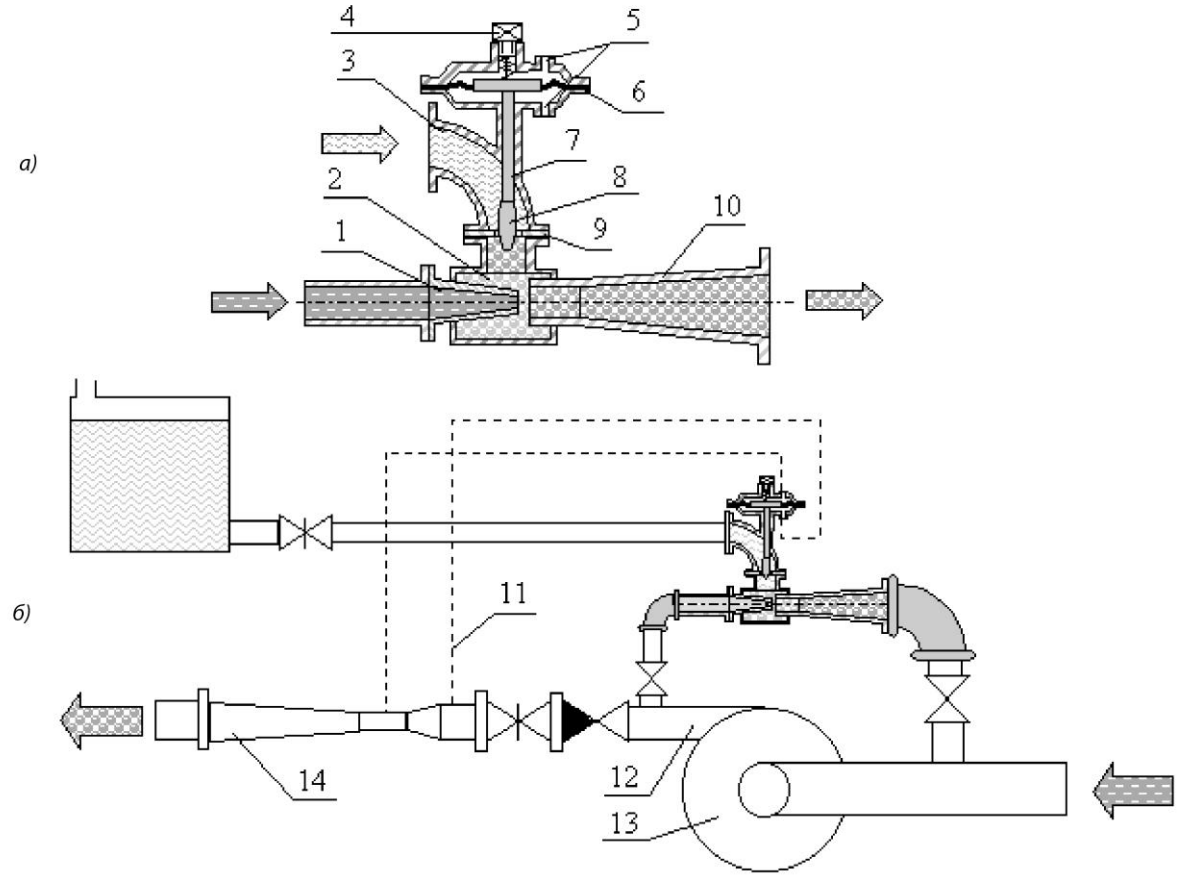


Рис. 1.30 – Автоматичний дозатор діафрагменного типу:

а – струминний змішувач; б – схема включення; 1 – струминний насадок; 2 – змішувальна камера; 3 – всмоктувальна порожнина; 4 – регулювальний гвинт; 5 – штуцер імпульсної трубки; 6 – діафрагма; 7 – шток; 8 – плунжер; 9 – сідло клапана; 10 – дифузор; 11 – імпульсні трубки; 12 – напірний трубопровід; 13 – насос; 14 – труба Вентурі

Дозатор типу ДА встановлюють, як правило, в насосній станції. Піноутворювач у потік води надходить у такий спосіб. Вода всмок-

тується насосом через всмоктувальний трубопровід із водойми і подається в напірний трубопровід. Від напірного трубопроводу частина води відводиться у струминний змішувач. З горловини труби Вентурі й напірного трубопроводу вода з перепадом тиску надходить по імпульсних трубках у протилежні порожнини діафрагми. Внаслідок різниці тисків діафрагми із пружиною відтискаються і плунжер *8*, який переміщується зі штоком *7,* відкриває доступ піноутворювачу зі всмоктувальної порожнини *3* у змішувальну камеру *2* струменевого змішувача. Зі струминного змішувача піноутворювач, перемішуючись із водою, надходить до всмоктувального трубопроводу насоса, а через нього - у розподільну мережу. Доза піноутворювача залежить від перепаду тиску, який створюється трубою Вентурі. Зі збільшенням витрати води, що проходить через трубу Вентурі, зростає перепад тиску, а отже, і подача піноутворювача в потік води.

4. Змішування піноутворювача з водою *дозаторами (пінозмішувачами) ежекторного типу,* встановлюваними у стаціонарних автоматичних системах для захисту резервуарів з горючими рідинами.

Пінозмішувачі (рис. 1.31) являють собою струминні насоси, розраховані на всмоктування певної кількості піноутворювача.

Вони не придатні для використання в системах з витратою розчину, що змінюється. Як і всякий струминний насос, пінозмішувач складається із сопла, змішувальної камери і дифузора. Встановлюють ежекторні (струминні) змішувачі на обвідному трубопроводі насоса. При включенні системи пожежогасіння насос *10* всмоктує воду по трубопроводу *9* з резервуара *8.* Частина води з напірного трубопроводу *11* насоса надходить у струминний змішувач *7*, тиск перед яким контролюється за манометром *6,* проходить через сопло *1* і створює розрідження у змішувальній камері *2*, в яку всмоктується піноутворювач з ємності *5*; отриманий розчин надходить у дифузор *3* і до всмоктувальної труби насоса *9*, а потім у розподільну мережу *4.*

5. Спосіб дозування піноутворювача з *бака-дозатора при використанні перепаду тиску, що створюється трубою Вентурі*. Цей спосіб розроблений канд. техн. наук А. Ф. Івановим і О. М. Курбатським. Дозуючий пристрій (рис. 1.32) складається з бака *5,* в якому зберігається піноутворювач, труби Вентурі *1*, яка забезпечує перепад тиску, системи труб *2* і *6*, які з'єднують через зворотний клапан бак-дозатор із трубою Вентурі та трубопроводом *7*. На кінці труби *6*, що входить усередину бака-дозатора, встановлений розпилювач *3.* У верхній частині бака-дозатора закріплений шар пінополіуретану *4*

(пороплaсту). Трубка *8* з вентилями, що встановлена в баку-дозаторі, служить для наповнення його піноутворювачем, промивання водою і спуску її в каналізацію.

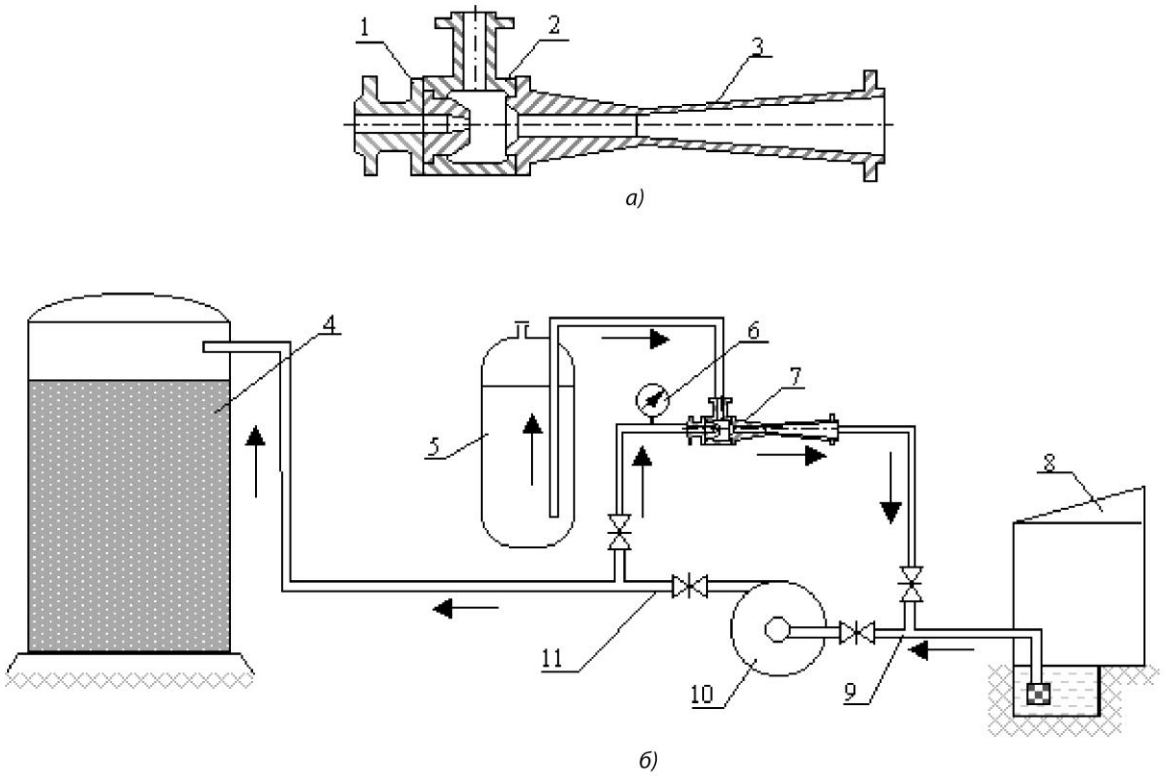


Рис. 1.31– Автоматичний дозатор (пінозмішувач) ежекторного типу:

а) ежектор; б) схема включення;

1 – сопло; 2 – змішувальна камера; 3 – дифузор; 4 – розподільна мережа резервуара; 5 – бак із піноутворювачем; 6 – манометр; 7 – струминний змішувач, 8 – резервуар із водою; 9 – усмоктувальний трубопровід; 10 – насос; 11 – напірний трубопровід

Працює дозуючий пристрій у такий спосіб. При протіканні води через трубку Вентурі *1* створюється перепад тиску у трубі та в її горловині. Вода надходить у бак-дозатор із трубопроводу *7* по трубці *6* через розпилювач *3* і рівномірно розподіляється по шару пороплaсту, в якому вирівнюються швиглядкості потоку води. Вода, що проходить через пороплaст, виходить на поверхню піноутворювача і, внаслідок різної щільності, не перемішуючись, витісняє піноутворювач у горловину труби Вентурі. Витрата піноутворювача залежить від перепаду тиску, що, у свою чергу, пов’язаний з витратою води, що проходить через трубу Вентурі.

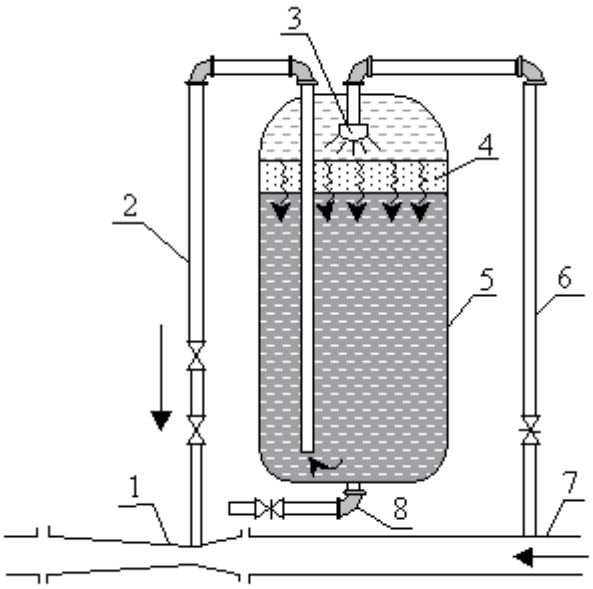


Рис. 1.32 – Дозатор із трубою Вентурі:

1 – труба Вентурі; 2 – труба для подачі піноутворювача; 3 – розпилювач (дренчер); 4 – поропласт (пакет сіток); 5 – бак-дозатор; 6 – труба для подачі води; 7 – магістральний трубопровід; 8 – труба для наповнення і промивання бака

Дозуюча система з резервуаром для піноутворювача МТВ

Опис. Дозуюча система з резервуаром для піноутворювача призначена для подачі піноутворювача в розчинопровід систем пожежогасіння з різними характеристиками витрати й/або тиску води. Дозуюча система включає два основних елементи - резервуар для піноутворювача (рис. 1.33) і дозатор ТР (або TPW) (рис. 1.34).

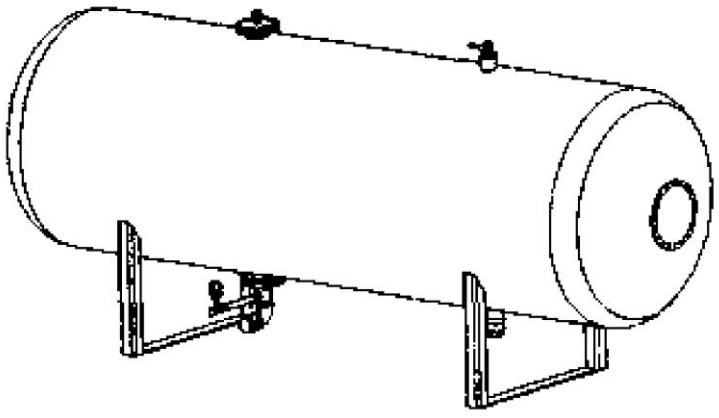


Рис. 1.33 – Резервуар для піноутворювача

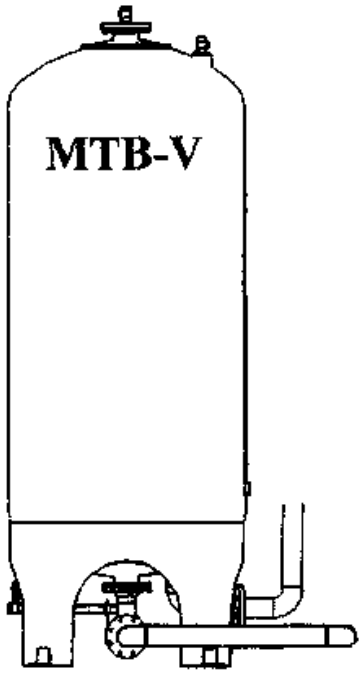


Рис. 1.34 – Дозатор ТР

Резервуар МТВ являє собою сталевий резервуар, у якому знаходиться еластичний балон із піноутворювачем. МТВ не має рухли-

вих частин, що рухаються, і вимагає мінімального технічного обслуговування.

Система ідеально підходить для перетворення існуючої спринклерної системи водяного гасіння у спринклерну систему пінного гасіння або гасіння зі змочувачем. Підтримка стабільної концентрації піно розчину, незалежно від швиглядкості потоку, досягається за рахунок вирівнювання тиску піноутворювача усередині резервуара й тиску води, що надходить.

Дозатор TP (або TPW) дозволяє регулювати вміст піноутворювача в піноrозчині в межах від 1 до 6 %.

Таблиця 1.6 – Технічні характеристики резервуарів для піноутворювача

Розрахунковий тиск:		12,1 Бар (175 psi)
Стандарт конструкції	Типовий:	SPVC87
	Додатково:	ASME
Сертифікація	Типова:	Det Norske Veritas
	Додатково:	American Bureau of Shipping
		Lloyd's Register of Shipping
Комплект поставки	Типовий:	Заглушки на вхідному і зливальному патрубках води. Клапани з нержавіючої сталі на вхідному і зливальному патрубках піноутворювача.
	Додатково:	Латунні клапани на вхідному і зливальному патрубках води. Індикатор рівня піноутворювача.
Матеріали:	Резервуар	Вуглецева сталь
	Еластичний балон	Бутилкаучук
	Внутрішні частини	Нерж. сталь

Таблиця 1.7 – МТВ-Н (горизонтальний)

Об'єм, л	**Довжина, мм**	**Висота, мм**	**Діаметр, мм**	**Вага, кг**	**Фланці**
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
400	980	1480	800	203	2" BSP
600	1480	1480	800	265	
800	1135	1780	800	354	
1000	1335	1780	1100	323	
1200	1535	1780	1100	355	
1500	1835	1780	1100	400	
2000	2435	1780	1100	485	

Продовження таблиці 1.7

1	2	3	4	5	6
2500	1940	2080	1400	634	
3000	2290	2080	1400	721	
3500	2590	2085	1400	788	
4000	2990	2085	1400	912	
4500	3290	2085	1400	980	
5000	3590	2085	1400	1045	
5500	3990	2085	1400	1133	
6000	4290	2085	1400	1226	
6500	4790	2085	1400	1336	3" BSP
7000	3020	2535	1850	1619	
7500	3220	2535	1850	1700	
8000	3420	2535	1850	1780	
8500	3570	2535	1850	1880	
9000	3770	2535	1850	1961	
9500	3970	2535	1850	2042	
10000	4170	2535	1850	2122	
11000	4520	2535	1850	2267	
12000	5020	2535	1850	2460	

Таблиця 1.8 – MTB-V (вертикальний)

Об’єм, л	Висота, мм	Діаметр, мм	Вага, кг	Фланці
(100)	1480	410		
(200)	2280	410		
400	1490	800	246	
600	1990	800	295	
800	1650	1100	386	2" BSP
1000	1850	1100	392	
1200	2050	1100	428	
1500	2350	1100	481	
2000	2950	1100	585	
2500	2460	1400	688	
3000	2810	1400	767	
3500	3120	1400	835	
4000	2460	1400	926	
4500	3810	1400	995	
5000	4110	1400	1062	3" BSP
5500	4510	1400	1152	
6000	4810	1400	1219	
6500	5110	1400	1331	
7000	3540	1850	1652	

Дозатори типу ТР для резервуара з еластичним балоном (типу ТР-100/50, ТР-150/50, ТР-200/80, ТР-250/80)

Опис. Зазначений вузол (рис. 1.35) є базовим елементом у системах дозування піноутворювача з використанням резервуара з еластичним балоном типу МТВ.

Дозатор типу ТР монтується в лінії подачі води системи пожежогасіння й затискається між фланцями. Вузол виконаний з високоякісної бронзи й не вимагає технічного обслуговування.

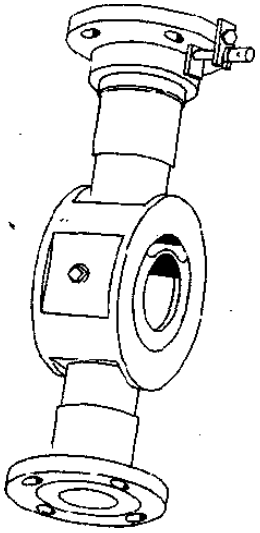


Рис. 1.35 – Дозатор типу ТР для резервуара з еластичним балоном

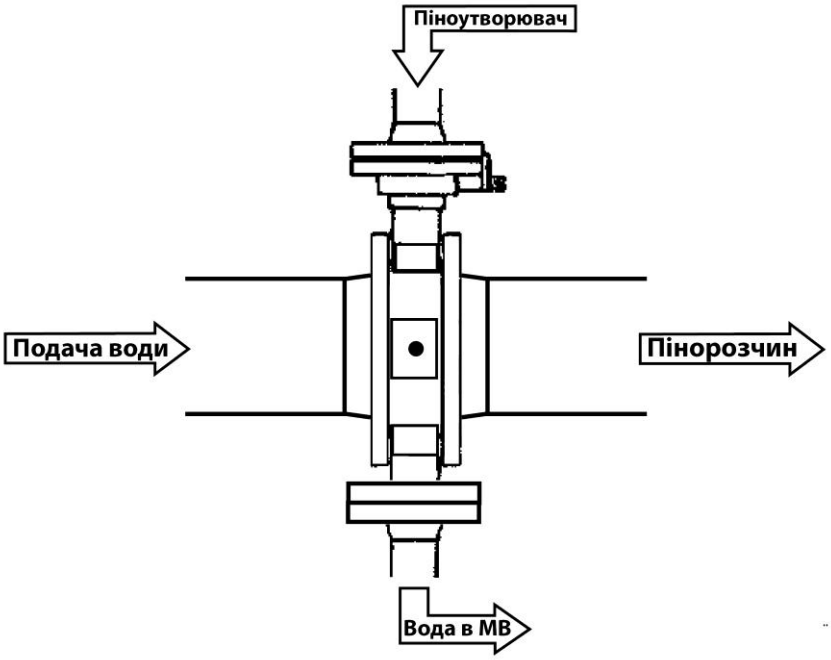


Рис. 1.36 – Принцип роботи дозатора типу ТР для резервуара з еластичним балоном

Таблиця 1.9 – Технічні характеристики

1 Бар = 0,1 МПа = 14,5 psi

Тип	З'єднання мм/дюйм		Витрата				Вага		k-фактор дозатора
			Мін.		Макс.*				
	D	E	л/хв	USGPM	л/хв	USGPM	кг	lhs	
ТР- 100/50	50/2"	100/4"	770	203	4900	1295	20	44	4040
ТР- 150/50	50/2"	150/6"	1500	396	9800	2589	25	55	7970
ТР-200/80	80/3"	200/8"	2875	760	2110	5575	43	95	17255
ТР-250/80	80/3"	250/10"	5100	1345	3310	8745	51	3	27060

* при падінні тиску на дозаторі 1,5 Бар.

$$k - фактор = \frac{Q_{л/мин}}{\sqrt{\Delta P_{Бар}}},$$

Максимальний робочий тиск - 16 Бар (235 psi).
Матеріали: бронза, нержавіюча сталь.

Принцип роботи. Дозування піноутворювача забезпечується вбудованою регульованою форсункою, що дозволяє змінювати вміст піноутворювача в розчині в межах від 1 до 6 %.

Система «підшарового» гасіння резервуарів

Протягом останніх 10 років все більшого поширення набуває устаткування для проектів оснащення резервуарних парків системами «підшарового» гасіння резервуарів.

Суть «підшарового» методу – подача низькократної фторованої піни під високим тиском безпосередньо в шар палаючої рідини через пінопроводи системи пожежогасіння або технологічні комунікації, розташовані в нижній частині резервуара.

Основні переваги методу:

– Розташування піновводів в основі резервуара, а піногенераторів, як правило, за обвалуванням запобігає їх руйнуванню вибухом паро-повітряної суміші в перші хвилини розвитку пожежі, що характерно для систем, що використовують традиційні системи верхнього гасіння.

– У результаті конвективного тепломасообміну відбувається охолодження верхнього шару продукту, як самою піною, так і потоками, що піднімаються разом із нею, холодних придонних шарів.

– У наш час застосування цього методу є практично єдиним способом, що дозволяє загасити пожежу в резервуарі з фіксованим дахом без понтона, що підтверджується як статистичними даними пожеж, так і результатами проведених у різний час випробувань. Комплект поставки устаткування може включати:

– *високонапірні піногенератори типу ВПГ*, які здійснюють ежекцію повітря в піноросчин і створюють на пінному вводі тиск, що дозволяє піні перебороти тиск стовпа рідини в резервуарі;

– *запобіжні розривні мембрани SM*, що забезпечують надійну ізоляцію піногенераторів від вмісту резервуарів до моменту подачі піни. Під надлишковим тиском 0,2-1 атм. така мембрана проривається, відкриваючи піні доступ до резервуара.

– *дозуючі пристрої PP(W) або TP(W)*, встановлені на лінії технологічного водопроводу та призначені для додавання у воду піноутворювача й утворення піноозчину необхідної концентрації. Якщо подача піноутворювача на дозуючий пристрій здійснюється за допомогою насоса, застосовуються дозатори типу PP, PPW. При використанні для зберігання нормативного запасу піноутворювача спеціального резервуара з еластичним балоном застовується дозатор типу TP або TPW.

– *резервуари типу МТВ-Н* з еластичним балоном. Еластичний балон заповнюється нормативним запасом піноутворювача. Дозуючий пристрій TP/TPW направляє частину потоку води з технологічного водопроводу у відвідну лінію, з'єднану із простором між сталевим корпусом резервуара й еластичним балоном, що приводить до виглядавлювання піноутворювача з балона до трубопроводу, що пов'язаний з регульованою вхідною форсункою того ж дозатора. За збільшення витрат води в технологічному трубопроводі відповідно зростає швидкість надходження піноутворювача з еластичного балона, чим забезпечується автоматична підтримка відсотка дозування на заданому рівні.

Система може бути додатково укомплектована необхідною арматурою, датчиками, пожежними сповіщувачами та іншим устаткуванням.

Для гасіння резервуарів із плаваючим дахом або понтоном «підшаровий метод» може бути використаний тільки як додатковий, тому що пожежа розвивається, головним чином, у зазорі між дахом і стінкою резервуара. Для таких резервуарів пропонуються генератори піни низької кратності з пінозливом ГПНПС,що встановлюються зверху на стінці резервуара. За рахунок використання низькократної (важкої) піни й точного її спрямування на осередок пожежі ефективність вказаних піногенераторів значно вище, ніж у звичайних пінокамер.

Система пожежогасіння «Гаряча піна».

Кілька років назад компанія «Svenska Skum» почала дослідження можливості одержання піни високої кратності з повітря, що містить газоподібні продукти горіння. Основні дослідження, випробування і розробки велися в місті Кунгальв. Були проведені експерименти з гасіння різних матеріалів у різних умовах з використанням величезної кількості типів піноутворювача.

У результаті удалося виробити принципово нову концепцію пожежогасіння піною високої кратності на основі використання спеціального піноутворювача, здатного забезпечити надійне гасіння в умовах, що моделювалися під час випробувань.

Незабаром після цього були проведені повномасштабні випробування в Голландії, які компанія «Svenska Skum» організувала у присутності незалежних експертів, сертифікаційних лабораторій і фахівців у зазначеній галузі з різних країн. Результатом проведених випробувань стало визнання нової системи як засобу пожежогасіння для приміщень, які містять небезпечні для навколишнього середовища речовини.

Наступні випробування були проведені у Швеції та були націлені на підтвердження можливості використання системи для гасіння загорянь у машинних залах суден.

Нова система одержала назву «Гаряча піна». Необхідно відзначити наступні переваги системи «Гаряча піна»:

– для отримання піни не потрібна подача свіжого повітря;

– не потрібне електроживлення для піно генераторів;

– завдяки охолодженню нагрітого повітря в піногенераторах шляхом його змішування з водою і розпилення через спеціальні насадки, а також завдяки водорозпиленню до початку піногенерації, досягається різке зниження температури повітря в палаючому приміщенні;

– проста установка - піногенератори, завдяки своїй невеликій вазі, можуть безпосередньо монтуватися на живильному розчино проводі;

– безперервна піногенерація у всьому об’ємі простору, що підлягає захисту.

Загальний опис системи «Гаряча піна». «Гаряча піна» (“Хотфоам”) є новим методом гасіння, основаним на досвіді традиційного пінного гасіння. Система «Гаряча піна» є удосконаленою системою на основі високократної піни, що дозволяє використовувати повітря приміщення для піноутворення, навіть під час горіння нафтохімічних і хімічних речовин.

Система «Гаряча піна», крім переваг у техніці гасіння, які є характерними для традиційної системи пожежогасіння високократною піною, має ряд безперечних індивідуальних переваг, про які буде розказано нижче.

Система «Гаряча піна» радикально скорочує витрати на монтаж і експлуатацію в порівнянні з традиційними системами гасіння високократною піною.

Система «Гаряча піна» – це альтернатива системі «Галон» («Halon»), спринклерній системі й системам, що використовують CO_2.

Переваги системи «Гаряча піна»

– повітропроводи або отвори у стіні приміщення не потрібні, тому що немає потреби у свіжому повітрі для піноутворення;

– додаткова пожежна вентиляція не потрібна;

– гнучкість у розміщенні піно генераторів;

– звичайно працює в режимі “повного затоплення”, але може використовуватися для локального або зонального захисту;

– піногенератор має невелику масу;

– простота монтажу;

– простота техобслуговування – немає рухливих деталей;

– забезпечує пожежогасіння там, де спринклерні водяні системи не є ефективними;

– істотно скорочується потреба у запасі води в порівнянні зі спринклерними водяними системами;

– захищає весь об’єм приміщення при звичайній експлуатації системи в режимі “повного затоплення”;

Сфери застосування системи «Гаряча піна»

Застосування системи «Гаряча піна» є особливо ефективним для:

– виробничих і складських приміщень нафтохімічних продуктів.

– машинних залів;

– виробничого устаткування;

– складів спиртовмісних рідин і розчинників;

– інших складів;

Склад системи “Гаряча піна”

Резервуар для піноутворювача з еластичним балоном типу МТВ. Резервуар МТВ являє собою сталевий резервуар, у якому знаходиться еластичний балон із піноутворювачем. МТВ не має рухливих частин, і вимагає мінімального технічного обслуговування. При використанні для збереження нормативного запасу піноутворювача спеціального резервуара з еластичним балоном застовується дозатор типу ТР або TPW.

Дозатори для резервуара з еластичним балоном встановлюються на лінії технологічного водопроводу і призначені для введення у воду піноутворювача й утворення піноросчину необхідної концентрації.

Генератор піни високої кратності HG-25 або ГПВК(Э)-800 призначений для отримання легкої піни в системі пожежогасіння «Гаряча піна», що використовує для утворення повітря приміщення, що підлягає захисту, та який може містити дим і газоподібні продукти горіння.

Спеціальний піноутворювач «METEO P» або «METEO P+» – це цілком синтетичні хімічні сполуки, що були спеціально розроблені для використання разом із системою пожежогасіння «Гаряча піна».

Установка системи «Гаряча піна»

Систему «Гаряча піна» дуже просто встановити. Мала маса піногенератора разом із простотою прокладки труб забезпечують низьку вартість монтажу. Фірма-постачальник розробляє креслення системи, робить розрахунки труб, а також калькуляцію загальної продуктивності системи, потреби у воді й піноутворювачі.

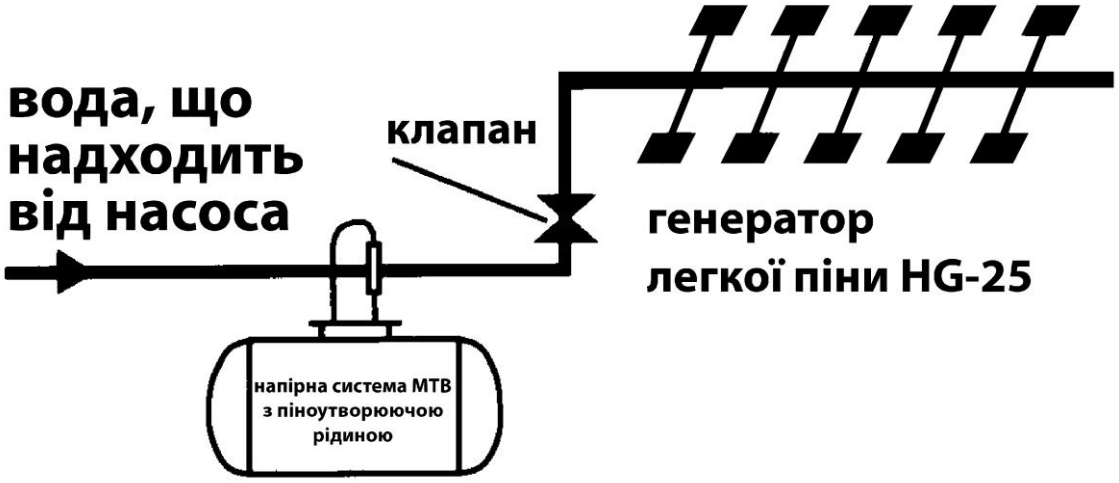


Рис. 1.37 – Схема системи «ГАРЯЧА ПІНА»

Принцип роботи системи. Більш ніж 60-річний досвід у розробці й виробництві систем пожежогасіння сприяв потраплянню на міжнародний рівень символа шведської технології в галузі систем пожежогасіння устаткування і споруджень з підвищеною пожежонебезпекою; наприклад, виробничого устаткування, ангарів, транспортних засобів, морського устаткування та сховищ нафтохімічних і хімічних продуктів. Велика частина продукції поставляється на експорт.

Системи пожежогасіння тонкорозпиленою водою. Тонкорозпилена вода (ТРВ) – струмінь розпиленої води із середньоарифметичним діаметром крапель меншее 100 мкм, подача якої може здійснюватися як із модульних систем об'ємного, локального і локально-поверхневого гасіння, так і з насадків систем, що захищають велику площу.

Звичайно меншее 10 % води, яка подається у вигляді компактного струменя, поглинає теплоту, що випромінюється пожежею. Це пояснюється тим, що лише дуже незначна частина поверхні води фактично зіштовхується з пожежею, а теплота поглинається тільки тією водою, що має безпосередній контакт із вогнем. Можливість розпилених струменів поглинати більшу кількість теплоти є дуже важливою в тих випадках, коли використання води обмежене.

Технологія пожежогасіння тонкорозпиленою водою (ТРВ) розглядається як альтернатива газовому пожежогасінню.

Використання ТРВ одержало назву «Water mist» (від англ. "водяний туман"). Технологія Water mist у всіх відносинах має добрі властивості – як для локалізації пожежі (при розбризкуванні води), так і для гасіння (дрібні водяні краплі мають властивості, подібні газу). Крім того, системи пожежогасіння ТРВ не вимагають високого ступеня герметичності приміщення і тимчасової затримки для активації.

Розвиток систем пожежогасіння ТРВ було ініційовано забороною хладонів, однак фундаментальна технологія є далеко не новою. Ще в 1937 році компанія «Lechler» (Німеччина) активно продавала на ринку безпеки свої стаціонарні й мобільні системи боротьби з вогнем за допомогою водяного туману. Аналогічні системи пропонували у тридцяті і сорокові роки 20-го сторіччя Food Machinery Corporation (США) і Myers (США). У той час, мабуть, мали місце недоліки у розвитку технології, необхідної для виробництва економічно привабливих систем, потрібних для широкомасштабного маркетингу. І тільки наприкінці сімдесятих років ідея боротьби з вогнем за допомогою ТРВ була відроджена країнами колишнього Східного блоку, особливо СРСР і НДР, які створили, таким чином, базу для розвитку сучасної технології.

Сьогодні багато міжнародних науково-дослідних організацій і установ займаються подальшою розробкою технології гасіння пожеж за допомогою Water mist, серед них Factory Mutual, Allianz, International Maritime Organisation, US Coast Guard, CEN, DIN, SIN-TIF, SP, VTT. Експерти з різних країн регулярно збираються під егідою In-

ternational Water Mist Association (WMA). Перші директиви цієї організації стосувалися питань монтажу, дизайну і подальшого розвитку систем пожежогасіння ТРВ.

Системи пожежогасіння ТРВ поділяються на системи розпилення води під низьким тиском (LPWM) і системи розпилення води під високим тиском (HPWM). Обидва типи використовують той самий досить відомий основний принцип – вони генерують водяні краплі дрібного розміру, що охолоджують осередок горіння і витісняють із нього кисень при інтенсивному пароутворенні. Основне розходження полягає у величині робочого тиску. Пристрої високого тиску, що вимагають значно меншеої кількості води, ніж пристрої низького тиску, є, таким чином, більш ефективними, але в них застосовані більш складні технології. І в HPWM, і в LPWM-системах для створення тиску використані насосні модулі або балони з газом.

Перше виглядання стандарту NFPA 750 класифікує системи ТРВ за розміром згенерованих крапель. Відповідно до цієї класифікації системи класу I генерують найменшеі крапельки, а системи класу III – найбільші. Системи класу I мають найбільш чіткі функціональні відмінності від звичайних конвекційних або спринклерних систем.

Устаткування систем пожежогасіння ТРВ використовує чисту воду, що розпорошується під тиском 8-20 атм. Тому такі системи пожежогасіння є не тільки абсолютно нешкідливими для навколишнього середовища, але і, у більшості випадків, набагато ефективніми за традиційні системи газового або водяного пожежогасіння. Вогонь гаситься за допомогою водяного туману, тобто дрібних крапель чистої води. У принципі гасіння ТРВ задіяні найважливіші ефекти гасіння – охолодний ефект і ефект витиснення кисню.

У порівнянні зі звичайними конвекційними системами низького тиску, при розпиленні води під високим тиском реакційна поверхня для охолодження значно збільшується. При цьому системи, що відповідають класу I за стандартом NFPA 750, забезпечують високу ефективність і меншеу витрату води, поглинаючи енергію полум’я швиглядше й ефективніше. Яскраво виражений ефект охолодження дозволяє не тільки гасити пожежу, але і захистити людей та матеріальні цінності від теплового впливу. Охолодження підтримується ефектом захисту від теплового випромінювання завісою із дрібних водяних крапель. Утворений водяний туман може

служити захисною завісою для будівельних конструкцій, стінних прорізів, фасадів будинків і т.д.

Також системи пожежогасіння ТРВ використовують ефект витиснення кисню. В осередку пожежі дрібні водяні краплі швиглядко випаровуються, і об'єм води збільшується в 1640 разів, що приводить до локального витиснення кисню з осередку пожежі. В результаті в осередку пожежі виникає ефект придушення вогню, подібний до ефекту гасіння за допомогою інертних газів. Але при гасінні інертним газом зниження концентрації кисню в повітрі повинно бути забезпечене у всій області, що підлягає захисту. У випадку із ТРВ випар відбувається лише там, де наявний високий рівень температури, у той час як охолоджені області, де пароутворення не відбувається, можуть використовуватися, наприклад, для евакуації людей.

Таблиця 1.10 – Ефективність гасіння ТРВ залежно від діаметра крапель

Діаметр краплі	**Площа реакції на літр води**
1 мм	2 м^2
0,1 мм	20 м^2
0,01 мм	200 м^2

Таким чином можна сформулювати основні принципи пожежогасіння з використанням ТРВ:

– ОХОЛОДЖЕННЯ – вода в пароподібному стані має найвищу теплопоглинальну здатність серед усіх застосовуваних вогнегасних речовин (>2 МДж/кг);

– РОЗРІДЖЕННЯ – локальне розрідження повітря шляхом витиснення паром кисню (при пароутворенні вода розширюється в об'ємі приблизно в 1640 разів);

– ПЕРЕШКОДА ТЕПЛОВОМУ ВИПРОМІНЮВАННЮ – дрібний розмір краплі дозволяє забезпечувати ефективне поглинання і розсіювання теплового випромінювання.

Пожежогасіння ТРВ є абсолютно нешкідливим для навколишнього середовища і безпечним для людей, не шкодить озоновому шару й не сприяє утворенню парникового ефекту. Перед активуванням систем не потрібен час для забезпечення безпеки персоналу; також не відбувається утворення кородуючих побічних продуктів вогнегасного засобу.

У світовій практиці прийнято наступну класифікацію ступеня розпилу води:

1. Дрібнорозпилена вода. (Може бути реалізована, наприклад, за допомогою механічних розпилювачів типу «Шнек», «Турбинка», «Аква-Мастер»). Карта зрошування при такому розпилі представлена на рис. 1.38.

Показники гасіння:

– розміри крапель води d=300-400 мкм;
– гасіння по площі в межах сектору розпилу;
– осередки пожежі класів А і В;
– час гасіння - 10-20 хв.

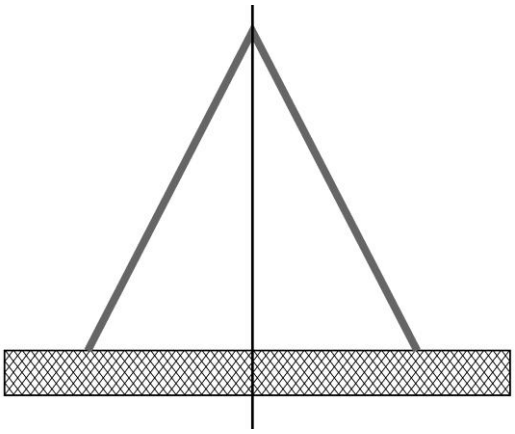


Рис. 1.38 – Карта зрошування при використанні дрібнорозпиленої води.

2. Тонкорозпилена вода. (Варіанти для технічної реалізації: пневматичні форсунки).

Показники гасіння:

– тиск розпилу *P*=30-100 бар;
– розміри крапель води *d*=100-150 мкм;
– гасіння по площі, що перевищує площу сектору розпилу;
– осередки пожежі класів А і В (В1 і В2);
– час гасіння до 60 сек.

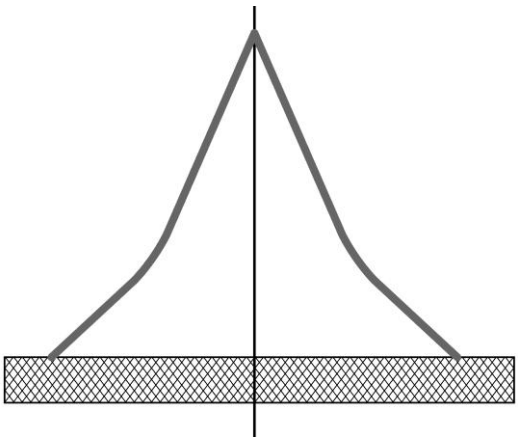


Рис. 1.39 – Карта зрошування при використанні тонкорозпиленої води

3. Туманоподібна вода. (Варіанти для технічної реалізації: пневматичні форсунки+газорідинне диспергування).

Показники гасіння:

– тиск розпилу *P* > 100 бар;
– розміри крапель води *d* < 80-50 мкм;
– гасіння по площі й об'єму;
– осередки пожежі класів А, В і С;
– час гасіння до 60 сек.

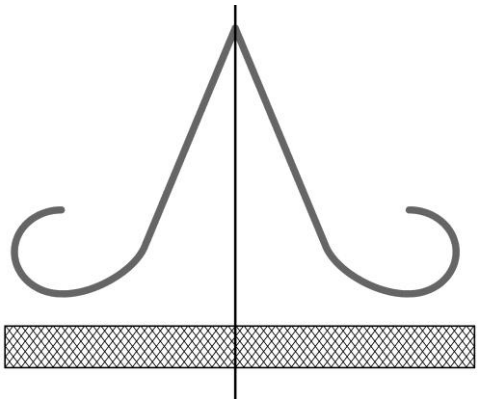


Рис. 1.40 – Карта зрошування при використанні туманоподібної води

Розпилення води до туманоподібного стану забезпечує гасіння не тільки по площі, але і по об'єму. Метод дозволяє використовувати воду максимально ефективно при мінімальних її кількостях, отже відпадає необхідність будівництва насосних станцій і резервуарів води, прокладання магістральних водопроводів, посилення будівельних конструкцій під вагу води, що подається піл час гасіння, забезпечення гідроізоляції, реконструкції очисних споруд, значно здешевлює технічне обслуговування. Метод використовується в замкнутих, напівзамкнутих об'ємах, а також для гасіння складованих матеріалів і технологічного устаткування на відкритих просторах. Метод має розширене застосування для осередків пожеж різних класів. Наприклад, модульні системи гасіння МВП ТВ виробництва НПФ «Безпека» (Росія) забезпечують гасіння пожеж класів за ДСТ27331-87:

А1 – пожеж твердих речовин, горіння яких супроводжується тлінням (деревина, папір, текстиль і т.п.);

А2 – пожеж твердих речовин (пластмаса, каучук і т.п.);

В1 – пожеж горючих рідин (ЛЗР і ГР), нерозчинних у воді;

В2 – пожеж горючих рідин, розчинних у воді (спирти, ефіри та ін. полярні вуглеводні);

С – пожеж горючих газів, якщо під час гасіння не відбувається утворення вибухонебезпечних сумішей;

Е – пожеж електроустановок, що знаходяться під напругою до 1000 В.

Ефективність використання систем з тонкорозпиленою водою. На рис. 1.41 приведено графік залежності необхідної для гасіння концентрації газорідинної вогнегасної суміші від швиглядкості її подачі в об'єм, що підлягає захисту. Чим вище швидкість подачі газорідинної вогнегасної суміші, тим менше її концентрація потрібна для досягнення ефекту гасіння.

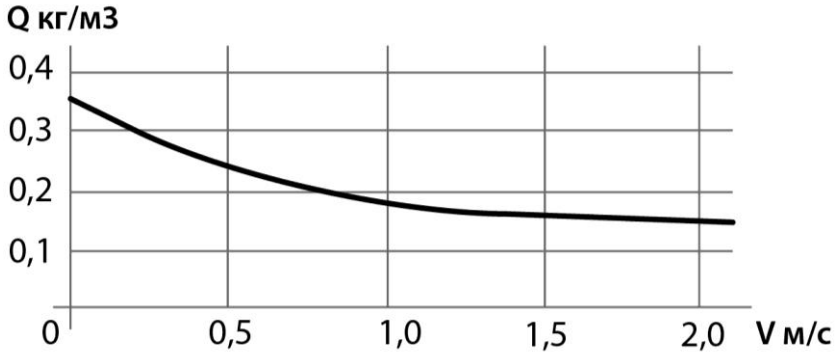


Рис. 1.41 – Вплив швиглядкості потоку на вогнегасну концентрацію

Графік на рис. 1.41 показує, що максимальна концентрація вогнегасної речовини, а отже, максимальний ефект гасіння при мінімумі витрати досягається за розмірів розпилених крапель води в 10-20 мкм, однак поки такого тонкого розпилу одержати не вдалося.

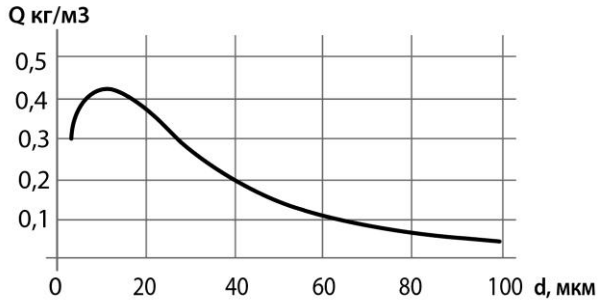


Рис. 1.42 – Вплив розміру часток на вогнегасну концентрацію ТРВ в об'ємі

Рис. 1.43 – Зрошувач для одержання тонкорозпиленої води

Технічні складнощі у забезпеченні необхідної витрати води для цілей пожежогасіння в містах Києві, Харкові, Одесі, Севастополі й ряді інших змушують шукати нетрадиційних технічних і організаційних шляхів вирішення цих задач, як, наприклад, застосовувати модульні системи.

Загальний вигляд модуля водного пожежогасіння з використанням ТРВ приведено на рис. 1.44.

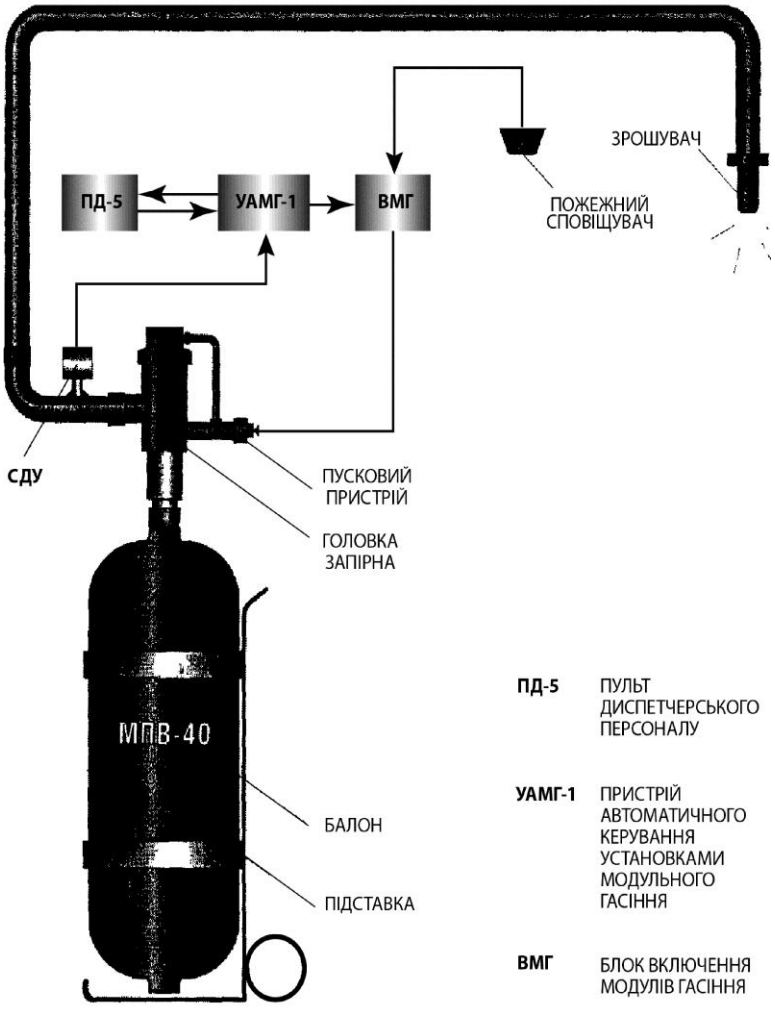


Рис. 1.44 – Модуль водяного пожежогасіння МПВ-40

Таблиця 1.11 – Основні характеристики МПВ-40

1.	Габаритні розміри, не більше, мм: (довжина, ширина, висота)	800x450x1700
2.	Маса модуля без заряду, не більше, кг	50
3.	Кількість балонів, шт.	2
4.	Ємність балона, л	50
5.	Максимальна кількість вогнегасної речовини, л	30
6.	Час роботи, не більше, с	30
7.	Площа, що підлягає захисту одним модулем, не меншее, м^2	20
8.	Вигляд запуску	автоматичний дистанційний та ручний
9.	Параметри ланцюга електропуску: напруга постійного струму, не більше, В сила струму, не більше, А	 24 1

Гасіння нагрітою водою

У ряді країн розроблено рекомендації з гасіння перегрітою водою.

Площа приміщення, що підлягає захисту однією системою, не повинна перевищувати 250 м^2. Приміщення великої площі необхідно розділяти на окремі секції зазначених розмірів; при цьому передбачаються перегородки, що обмежують можливу площу протікання в межах секції.

Розпилені струмені мають покривати всю площу захисту, з інтенсивністю подачі не менше заданої. Доцільною є подача води горизонтально (паралельно до площини пола) або під кутом до неї вниз. В останньому випадку ефективний діаметр площі зрошування одним соплом діаметром 4-8 мм не перевищує 700 мм. При горизонтальній подачі струменів висота розташування трубопроводу над полом може становити 0,3-0,5 м. Ефективна робота струменів води із сопла діаметром 5-6 мм становить 4-5 м. Можливе застосування систем у приміщеннях із герметичністю до 10 % при троєкратному збільшенні інтенсивності подачі вогнегасної речовини.

Розрахунок дозволяє визначити запас води для пожежогасіння, температуру і тиск води в ємності. Відстань між випускними отворами не повинна перевищувати 0,6 м.

Основний недолік використання перегрітої води – значні витрати на підтримку високої температури.

Пожежні роботи

Особливо актуальним є застосування пожежних роботів (ПР) на базі лафетних стволів ГОСТ Р 51115-97 з дистанційним і програмним керуванням, оснащених інфрачервоними (ІЧ) датчиками виявлення загоряння, у комплексних системах протипожежного захисту. ПР, об’єднані магістраллю керування RS 485 і керовані з єдиного пульта керування, становлять роботизований пожежний комплекс (РПК).

Рис. 1.45 – Роботизований пожежний комплекс

РПК через УСО й систему пожежної сигналізації інтегруються в автоматичні системи пожежогасіння (АСП), незамінні для високопрогінних конструкцій та зовнішніх установок, де застосування АСП на базі традиційних спринклерних і дренчерних систем є малоефективним або технічно неможливим. Прикладом використання АУП на базі РПК є система пожежогасіння ангара для аеробусів, де ПР застосовуються для автоматичного гасіння осередків загоряння й охолодження конструкцій, як за заздалегідь складеними програмами по зонах, контрольованих датчиками пожежної сигналізації, так і з автоматичним наведенням ПР на осередок загоряння. При надходженні сигналу "Пожежа" від приладу ПС РПК виконує наступні дії:

– автоматичне наведення одного або двох ПР на осередок загоряння;

– запускає 2 або 3 ПР у режимі автоматичного сканування з метою охолодження конструкцій ангара або інших об’єктів;

– подає сигнали для включення електрозасувок подачі вогнегасної речовини.

– Передбачається дистанційне керування ПР у процесі гасіння осередку загоряння:

– наведення ПР;

– зміна швиглядкості переміщення ПР у горизонтальній та вертикальній площинах;
– зміна кута розпилу струменя ПР;
– запуск програм сканування ПР;
– оперативна зміна програми сканування ПР.

Призначення:

Роботизований пожежний комплекс (РПК) призначений для автоматичного й дистанційного пожежогасіння високопрогінних пожежонебезпечних об'єктів, а також зовнішніх об'єктів.

Склад РПК:

– пожежні роботи (ПР) на базі лафетних стволів ДЕРЖСТАНДАРТ 51115-97 (до 32 штук);
– мережевий контролер (МК);
– пульт дистанційного керування (ПДУ);
– пристрій сполучення з об'єктом (ПСО).

Таблиця 1.12 – Технічні характеристики пожежного робота (ПР)

Найменування параметра	**Одиниця виміру**	**Значення параметра**
1	**2**	**3**
Робочий тиск	МПа	0,4–0,8
Витрата за тиску 0,6 МПа: • води • розчину піноутворювача	л/с	 40 40
Продуктивність за формованою розпиленою масою вогнегасної речовини на виході насадка	л/с	400
Дальність струменя за тиску 0,6 МПа: • розпилений прямий • розпилений із сектором 30° • пінний прямий	м	 60 35 54
Переміщення ствола • у вертикальній площині • у горизонтальній площині	град	 від +90 до -45 360
Маса не більше • з алюмінієвих сплавів • з використанням нержавіючої сталі	кг	 26 37
Напруга електричного живлення	В	від 12 до 27
Встановлена потужність	Вт	2x110+10+40
Точність позиціонування у вертикальній та горизонтальній площинах	град	1

Продовження таблиці 1.12

1	2	3
Керування • пульт дистанційного керування • радіокерування • можливість інтеграції в єдину систему		 RS485 433МГц RS485
Кількість швиглядкостей переміщення у вертикальній та горизонтальній площинах		8
Програми сканування збережені в енергозалежній пам'яті		32
Кліматичне виконання за ДСТ 15150		В1, УХЛ 1.1, ОМ
Автоматичне наведення за сигналом пожежної сигналізації		

Дискові затвори з електроприводом Ду80, Ду100 (12; 24В)

Дисковий затвор оснащений двома кінцевими датчиками – індуктивними безконтактними вимикачами. При досягненні крайніх положень "Відкрито", "Закрито" відбувається автоматичне відключення працюючого електропривода. Блок керування затвором розміщений в окремому корпусі. Ступінь захисту корпуса – IP55.

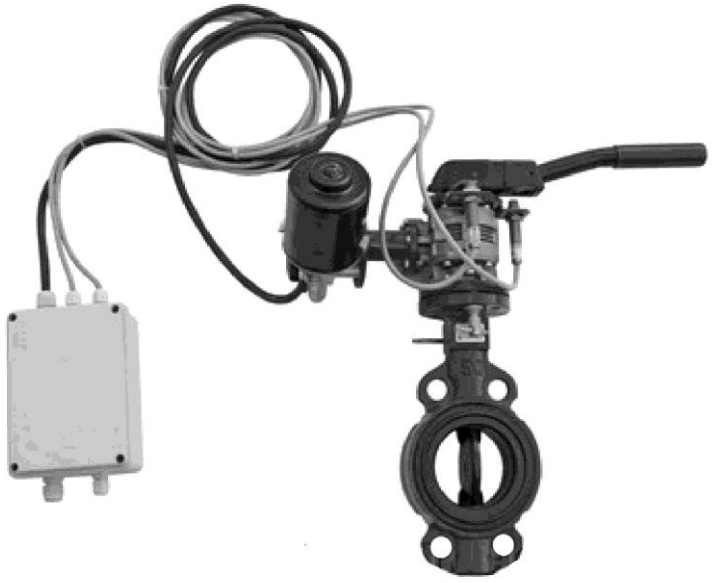


Рис. 1.46 – Дискові затвори з електроприводом Ду80 (12;24 В)

Пульт дистанційного керування ЛСДп із програмним керуванням дозволяє здійснювати наведення ЛС, змінювати швидкість переміщення ЛС у вертикальній та горизонтальній площинах, змінювати кут розпилу струменя за допомогою насадка, а також керувати роботою затвора (відкрити/закрити). ПДУ-П дозволяє також задавати для ЛСДп режим програмної роботи – сканування сферичного

прямокутника із заданими від ПДУ-П параметрами. Забезпечується контроль стану ЛС. При підключенні ПДУ-П до комплексу ЛСДп забезпечується доступ до будь-якого ЛСДп комплексу. До комплексу одночасно може бути підключено декілька ПДУ-П. Ступінь захисту корпуса ПДУ-П – IP65.

Рис. 1.47 – Дозатор ежекторний для подачі піноутворювача, 100 (60) л/с

Рис. 1.48 – Пульт керування ЛСДп із програмним керуванням по каналу RS-485:

Шафа керування двома ЛСД із асинхронними електроприводами (вибухозахищене виконання ЛСД). Напруга живлення - 380/220У 50 Гц. Передбачено динамічне гальмування електроприводів при відключенні електроприводів.

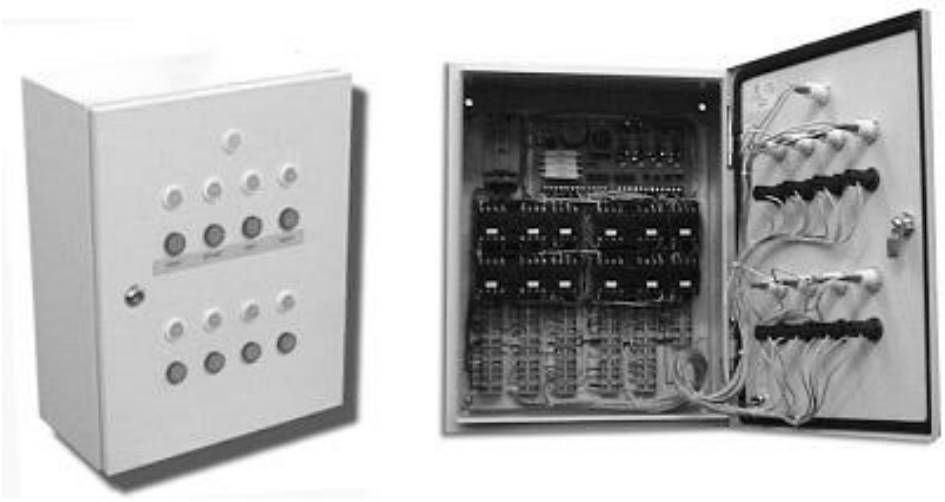


Рис. 1.49 – Шафа керування двома ЛСД із асинхронними електроприводами

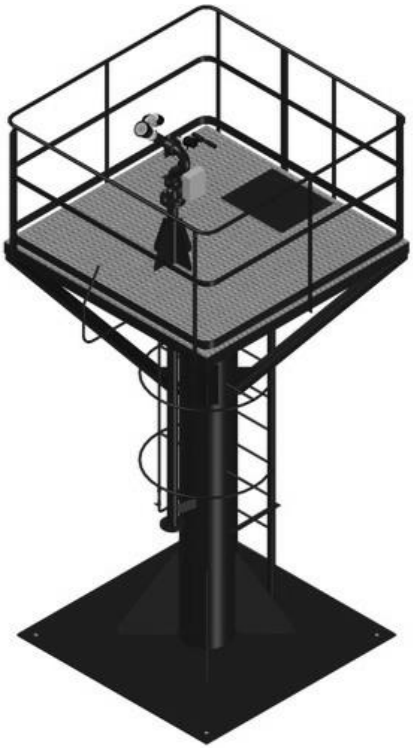


Рис. 1.50 – Вишка пожежна (ВП) з огородженою площадкою для системи ЛС, висотою 4-30 м

1.6 Методика розрахунку автоматичних систем водяного та пінного пожежогасіння

Розрахунок систем водяного та пінного пожежогасіння здійснюється на підставі загальних законів гідравліки та вимог чинної нормативної бази. Відмінність розрахунків полягає в тому, що для

систем водяного пожежогасіння визначається запас води для забезпечення роботи системи протягом розрахункового часу, а для пінних - визначається запас води та піноутворювача.

Розрахунок систем водяного і пінного пожежогасіння

Загальні вимоги до проектування такого вигляду систем викладено у [1].

Взагалі процес проектування можна викласти в наступному вигляді:

1. Вибір вогнегасної речовини – вода, вода зі змочувачем, піна. Виконується на підставі аналізу речовин та матеріалів, які обертаються у приміщенні, що підлягає захисту, та залежно від особливостей процесів, що є характерними для даного об'єкта.

2. Вибір типу системи – спринклерна або дренчерна, залежно від швидкості поширення пожежі у приміщенні, що підлягає захисту.

Загальні підходи до проектування різних типів систем із водою, водою зі змочувачем та піною в якості вогнегасної речовини є однаковими. Але є деякі розбіжності, що пов'язані з вимогами відповідних нормативних документів. Для проектування спринклерних систем водяного пожежогасіння існує **ДСТУ Б EN 12845:2011 «Стаціонарні системи пожежогасіння. Автоматичні спринклерні системи. Проектування, монтування та технічне обслуговування»**. Інші типи систем із водою, водою зі змочувачем та піною в якості вогнегасної речовини окремих документів не мають. Тому при їх проектуванні використовують довідкову інформацію із відповідних джерел.

3. Визначається клас пожежної небезпеки (групи) приміщення. Для спринклерних систем водяного пожежогасіння – розділ 6, додатки А, В, С [2], для дренчерних систем водяного пожежогасіння –– розділ 5 [2], а для спринклерних та дренчерних із використанням води зі змочувачем та піноутворювачів – таблиця 1.13.

4. Для обраного класу (групи) приміщення обираємо вихідні дані для гідравлічного розрахунку.

4.1 Інтенсивність подачі.

4.2 Розрахункова площа.

Для спринклерних систем водяного пожежогасіння – таблиця 3 [2], Для інших виглядів систем - табл. 1.14-1.16.

4.3 Максимальна площа, яка підлягає захисту одним зрошувачем, м^2.

4.4 Максимальна відстань між зрошувачами, м.

Для спринклерних систем водяного пожежогасіння вказані величини визначаються за табл. 19 [2]; для інших видів систем – за табл. 1.14-1.16.

4.5 Розрахунок необхідної кількості зрошувачів.

Розрахунок виконується аналогічно до розрахунку кількості пожежних сповіщувачів з урахуванням площі, що підлягає захисту одним зрошувачем, та максимальної відстані між зрошувачами.

4.6 Вибір схемного рішення (трасування трубопроводів).

На цьому етапі обирається топологія мережі (кільцева або тупикова) та виконується прокладка трубопроводів з урахуванням вимог нормативних документів.

4.7 Вибір марки зрошувача.

Для спринклерних систем водяного пожежогасіння, відповідно до таблиці 37 [2] обирається тип зрошувача та його номінальний К-фактор.

Для інших видів систем вибір марки зрошувача може бути здійснений у відповідності з табл. 1.11.

5. Гідравлічний розрахунок мережі.

На цьому етапі визначаються основні показники мережі – діаметри трубопроводів, витрати та напір, які повинен забезпечувати водоживильник.

6. Вибір водоживильника.

Після отримання результатів гідравлічного розрахунку обирається марка насоса, спроможного забезпечити необхідні показники.

Таблиця 1.13

Група приміщень	**Перелік характерних приміщень, виробництв, технологічних процесів**
1	Приміщення книгосховищ, бібліотек, цирків, зберігання спалимих музейних цінностей, фондосховищ, музеїв і виставок, картинних галерей, концертних і кіноконцертних залів, залів розташування електронно-обчислювальних машин, магазинів, будинків управлінь, готелів, лікарень (пожежне навантаження - 200 МДж · м$^{-2}$).
2	Приміщення фарбувальні, просочувальні, малярні, знежирювальні, консервації й розконсервації, сумішеприготувальні, промивки деталей із застосуванням ЛЗР та ГР; приміщення деревообробного, текстильного, трикотажного, текстильно-галантерейного виробництва; приміщення виготовлення вати, швейної промисловості, взуттєвого, шкіряного і хутрового виробництва, штучних і плівкових матеріалів; приміщення целюлозно-паперового і друкарського виробництва; приміщення виробництв із застосуванням гумотехнічних виробів, підприємств з обслуговування автомобілів (пожежне навантаження - від 200 до 2000 МДж · м$^{-2}$).

Продовження таблиці 1.13

Група приміщень	Перелік характерних приміщень, виробництв, технологічних процесів
3	Приміщення гумотехнічного виробництва.
4	Приміщення виробництва, переробки й обробки горючих природних та синтетичних волокон і пластмаси, кіноплівки на нітрооснові; фарбувальні й сушильні камери, ділянки відкритого фарбування і сушіння; приміщення фарбоготувальних, лакоготувальних, клеєготувальних виробництв із застосуванням ЛЗР і ГР; машинні зали компресорних станцій, станцій регенерації, гідрування, екстракції та приміщення інших виробництв, що переробляють горючі гази, бензин, спирти, ефіри та інші ЛЗР і ГР (пожежне навантаження - понад 2000 МДж · м$^{-2}$).
5	Склади негорючих матеріалів у спалимій упаковці.
6	Склади твердих горючих матеріалів.
7	Склади лаків, фарб, ЛЗР, ГР, пластмаси, гумотехнічних виробів, каучуку, смол.
Примітка 1. Групи приміщень визначені за їх функціональним призначенням. У тих випадках, коли неможливо підібрати аналогічні виробництва, групу приміщень належить визначати за величиною пожежного навантаження.	
Примітка 2. Пожежне навантаження визначається згідно з СТ СЕВ 446 (без урахування коефіцієнтів *а, б, с).*	

Таблиця 1.14

Група приміщень	Інтенсивність зрошування, л · с$^{-1}$ · м$^{-2}$, не менше		Площа, що підлягає захисту одним спринклерним зрошувачем або легкоплавким замком, м^2	Площа для розрахунку витрати води, розчину піноутворювача для спринклерних систем, м^2	Тривалість роботи системи водяного пожежогасіння, хв	Відстань між спринклерними зрошувачами або легкоплавкими замками, м, не більше
	водою	розчином піноутворювача				
1	0,08	-	12	120	30	4
2	0,12	0,08	12	240	60	4
3	0,24	0,12	12	240	60	4
4	0,3	0,15	12	360	60	4
5	за табл. 1.8		9	180	60	3
6	те саме		9	180	60	3
7	-"-		9	180	-	3
а 1. Групи приміщень наведені в таблиці 1.13.						
а 2 При використанні води зі змочувачем значення інтенсивності зрошування водою, які вказані в таблицях 1.14-1.16, належить приймати із коефіцієнтом 0,8.						

Таблиця 1.15

Висота складування, м	Група приміщень					
	5		6		7	
	Інтенсивність зрошування, л · с$^{-1}$ · м$^{-2}$, не менше					
	водою	розчином піноутворювача	водою	розчином піноутворювача	водою	розчином піноутворювача
До 1	0,08	0,04	0,16	0,08	-	0,10
Понад 1 до 2,0	0,16	0,08	0,32	0,20	-	0,20
-"- 2 -"- 3,0	0,24	0,12	0,40	0,24	-	0,30
-"- 3 -"- 4,0	0,32	0,16	0,40	0,32	-	0,40
-"- 4 -"- 5,5	0,40	0,32	0,50	0,40	-	0,40
Примітка. Групи приміщень наведені в таблиці 1.13.						

Таблиця 1.16

Висота приміщення, м	Група приміщень										
	1	2		3		4		1	2	3	4
	Інтенсивність зрошування, л · с$^{-1}$ · м$^{-2}$, не меншее							Площа для розрахунку витрати води, розчину піноутворювача, м^2			
	водою	водою	розчином піноутворювача	водою	розчином піноутворювача	водою	розчином піноутворювача				
Від 10 до 12	0,09	0,13	0,09	0,26	0,13	0,33	0,17	132	264	264	396
Понад 12 -"- 14	0,10	0,14	0,10	0,29	0,14	0,36	0,18	144	288	288	432
-"- 14 -"- 16	0,11	0,16	0,11	0,31	0,16	0,39	0,20	156	312	312	460
-"- 16 -"- 18	0,12	0,17	0,12	0,34	0,17	0,42	0,21	166	336	336	504
-"- 18 -"- 20	0,13	0,18	0,13	0,36	0,18	0,45	0,23	180	360	360	540
Примітка. Групи приміщень наведені в таблиці 1.13.											

Таблиця 1.17

Зрошувач (генератор)	Значення коефіцієнта *K*	Мінімальний вільний напір, м	Максимальний допустимий напір, м
Водяний спринклерний або дренчерний згідно з ГОСТ 14630, з діаметром вихідного отвору, мм 8	0,20	5	100

Продовження таблиці 1.17

Зрошувач (генератор)	Значення коефіцієнта *K*	Мінімальний вільний напір, м	Максимальний допустимий напір, м
10	0,31	5	100
12	0,45	5	100
15	0,71	10	100
20	1,25	10	100
Евольвентний згідно з ТУ 25.09.028			
ОЕ-16	0,27	15	80
ОЕ-25	0,66	15	80
ОЕ-50	2,73	15	80
Пінний дренчерний згідно з ТУ 25.09.005, ГЧС, ГЧСм	1,48	20	45
Пінний спринклерний або дренчерний розетковий згідно з ГОСТ 13815, з діаметром вихідного отвору, мм			
8	0,20	15	100
10	0,31	15	100
15	0,71	15	100
Пінний (ОПС, ОПД) згідно з ГОСТ 13815	0,55	15	100
Пінний дренчерний згідно з ГОСТ 12962			
ГПС-200	0,26	40	60
ГПС-600	0,77	40	60
Зрошувач водяний спринклерний, настінного виконання згідно з ТУ 22-148-017, СНЕо -12(72)	0,45	5	100
Зрошувач водяний спринклерний, настінного виконання, згідно з ТУ 25-0951.008 СНЕо-15(72)	0,71	5	100

Приклад розрахунку спринклерної системи водяного пожежогасіння

Потрібно розрахувати спринклерну систему для гасіння можливої пожежі у приміщенні цеху з виробництва штучного хутра з розмірами 24х36х9 м, і з відстанню від вузла керування (ЗПУ) до насосної станції 50 м.

Відповідно до розділу 6 та дод. А (табл. А.2) [2] визначаємо клас пожежної небезпеки – ОН3.

Відповідно до табл. 3 [2] визначаємо вихідні дані для розрахунку:

- інтенсивність зрошування I – 5,0 мм/хв.;
- розрахункова площа $F_р$ – 216 м^2.

Відповідно до табл. 19 [2]:

- максимальна площа, яка підлягає захисту одним зрошувачем, F_0 – 12 м^2;
- максимальна відстань між зрошувачами S, D – 4 м^2.

Далі розраховується кількість зрошувачів, необхідних для захисту приміщення. Розрахунок виконується аналогічно до розрахунку розміщення пожежних сповіщувачів.

Після розміщення зрошувачів виконується трасування трубопроводів та складається розрахункова схема.

Вибір марки зрошувача виконується з використанням таблиці 37 [2].

Для класу пожежної небезпеки ОН 3 K-фактор зрошувача дорівнює 80.

Для зручності розрахунків переведемо інтенсивність I та К-фактор у більш звичні системи виміру.

За [2] «**розрахункова інтенсивність –** мінімальна інтенсивність зрошування, виражена у міліметрах води на хвилину, за яку розрахована спринклерна секція і яку розраховують шляхом ділення величини витрати води, що забезпечується певною групою спринклерів, вираженої у літрах за хвилину, на площу, яка підлягає захисту, виражену у квадратних метрах». Тобто

$$[I] = \frac{\text{л}}{\text{хв}\cdot\text{м}^2}.$$

Більш звична одиниця виміру:

$$[I] = \frac{\text{л}}{\text{с}\cdot\text{м}^2}.$$

Таким чином переводимо

$$[I] = \frac{\text{л}}{\text{хв}\cdot\text{м}^2}\cdot\frac{1}{60}; \qquad I = 5/60 = 0,083\frac{\text{л}}{\text{с}\cdot\text{м}^2}.$$

Розмірність *К*-фактора

$$[K] = \frac{\text{л}}{\text{хв}\text{Ч}\sqrt{\text{бар}}}.$$

Більш звична характеристика зрошувача – коефіцієнт витрат *k*, розмірність якого

$$[k] = \frac{\text{л}}{\text{с}\text{Ч}\sqrt{\text{м}}}.$$

Для переводу *К*-фактора в коефіцієнт витрат:

$$k = \frac{\text{л}}{\text{хв}\cdot\sqrt{\text{бар}}}\cdot\frac{1}{60\cdot\sqrt{10}}.$$

Таким чином переводимо:

$$k = 80\cdot\frac{1}{60\cdot\sqrt{10}} = 0,43.$$

Визначаємо напір на 0-му зрошувачі:

$$\text{Н}_0 = \left(\frac{I\cdot F_0}{k}\right)^2 = \left(\frac{0,083\cdot 12}{0,43}\right)^2 = 5,36\,\text{м}.$$

Визначимо при цьому напорі витрату вогнегасної речовини (ВР) через 0-й зрошувач:

$$Q_0 = k\sqrt{H_0} = 0,43\sqrt{5,36} = 1\ \text{л/с}.$$

Далі визначаємо витрати на ділянці 0-1:

$$Q_{0\text{–}1} = Q_0 = 1\,\text{л/с}.$$

Визначаємо діаметр трубопроводу на ділянці 0-1:

$$d_{0\text{-}1} = \sqrt{\frac{4\cdot Q_{0\text{–}1}\cdot 10^{-3}}{\pi\cdot\upsilon}} = \sqrt{\frac{4\cdot 1\cdot 10^{-3}}{3,14\cdot 5}} = 0,016\,\text{м},$$

де $Q_{0\text{-}1}$ – витрата ВР на ділянці 0-1, л/с;

υ – швидкість прямування ВР у трубах.

Відповідно до [2] максимальна швидкість руху ВР у трубах становить 10 м/с. В розрахунках приймаємо середнє значення.

За таблицею 1.18 приймаємо найближче стандартне значення – труби сталеві електрозварні $d_{0–1} = 20$мм, коефіцієнт втрат напору $k_1 = 0,75$. Значення діаметрів наносимо на схему.

Напір у спринклерного зрошувача «1»:

$$H_1 = H_0 + \frac{l_{0–1} \cdot Q_{0–1}^2}{k_1} = 23,04 + \frac{4 \cdot 1^2}{0,75} = 10,7\,\text{м}.$$

Витрати зі зрошувача «1»:

$$Q_1 = k\sqrt{H_1} = 0,43\sqrt{10,7} = 1,41\,\text{л/с}.$$

Витрата на ділянці 1–2 дорівнює сумі витрат:

$$Q_{1–2} = Q_{0–1} + Q_1 = 1 + 1,41 = 2,41\ \text{л/с}.$$

Визначаємо діаметр трубопроводу на ділянці 1-2:

$$d_{1\text{-}2} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,41 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 5}} = 0,025\,\text{м}.$$

Приймаємо найближче стандартне значення – труби сталеві електрозварні $d_{0–1} = 25$мм, коефіцієнт втрат напору $k_1 = 3,44$.

Визначаємо напір у точці «2»:

$$H_2 = 10,7 + \frac{4 \cdot 2,41^2}{3,44} = 17,45\,\text{м}.$$

Витрати зі зрошувача «2»:

$$Q_2 = 0,43\sqrt{17,45} = 1,8\,\text{л/с}.$$

Витрата на ділянці «2–А» дорівнює сумі витрат:

$$Q_{2-A} = Q_{1-2} + Q_2 = 2,41 + 1,8 = 4,21 \text{л/с}.$$

Визначаємо діаметр трубопроводу на ділянці «2-А»:

$$d_{2\text{-А}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 4,21 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 5}} = 0,033 \text{м}\ .$$

Приймаємо найближче стандартне значення – труби сталеві електрозварні $d_{0-1} = 40$мм, коефіцієнт втрат напору $k_1 = 28,7$.

Визначаємо гідравлічні показники зліва від точки «А».

Напір зліва від точки «А»:

$$H_{\text{А лів}} = 17,45 + \frac{2 \cdot 4,21^2}{28,7} = 18,7 \text{м}.$$

Витрати зліва від точки «А»:

$$Q_{\text{А лів}} = \text{Q}_{\text{2-А}} = 4,21 \text{ л/с}.$$

Оскільки ліва та права частини рядка «А» є однаковими, то ми можемо записати:

$$H_{\text{А прав}} = H_{\text{А лів}} = 18,7 \text{м},$$

$$\text{Q}_{\text{А прав}} = Q_{\text{А лів}} = 4,21 \text{л/с}.$$

Далі визначаємо показники в точці «А»:

$$H_{\text{А}} = H_{\text{А прав}} = H_{\text{А лів}} = 18,7 \text{м},$$

$$\text{Q}_{\text{А}} = \text{Q}_{\text{А прав}} + Q_{\text{А лів}} = 8,42 \text{л/с}.$$

Визначаємо характеристику рядка:

$$\theta = \frac{Q_A^2}{H_A} = \frac{8,42^2}{18,7} = 3,8.$$

Визначаємо орієнтовні витрати системи. Оскільки максимальну кількість зрошувачів, яка спрацює одночасно при найгіршому варіанті розвитку пожежі, становлять зрошувачі, що розташовані над розрахунковою площею, орієнтовну витрату системи визначаємо наступним чином:

$$Q_{ор} = \mathrm{F_{ор}} \mathrm{I} = 214 \cdot 0,083 = 19,92 \text{ л/с}.$$

Виходячи з орієнтовних витрат системи, визначаємо діаметр живильного трубопроводу:

$$d_{\text{жив}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 19,92 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 5}} = 0,07 \text{ м}.$$

Приймаємо найближче стандартне значення – труби сталеві електрозварні $d_{0-1} = 80$ мм, коефіцієнт втрат напору $k_1 = 1429$.

Витрати на ділянці «А-Б» становлять

$$Q_{\text{А-Б}} = \mathrm{Q_А} = 8,42 \text{ л/с}.$$

Напір в точці «Б»

$$H_{\text{Б}} = 18,7 + \frac{3 \cdot 8,42^2}{1429} = 18,84 \text{ м}$$

Витрати в точці «Б»:

$$\mathrm{Q_Б} = \sqrt{\theta \cdot \mathrm{H_Б}} = \sqrt{3,8 \cdot 18,84} = 8,46 \text{ л/с}.$$

Витрати на ділянці «Б-В»

$$\mathrm{Q_{Б\text{-}В}} = \mathrm{Q_{А\text{-}Б}} + Q_{\text{Б}} = 8,42 + 8,46 = 16,88 \text{ л/с}.$$

Напір у точці «В»:

$$H_{\text{В}} = 18,84 + \frac{3 \cdot 16,88^2}{1429} = 19,43 \text{ м}.$$

Витрати в точці «В»

$$Q_В = \sqrt{\theta \cdot H_В} = \sqrt{3,8 \cdot 19,43} = 8,59 \text{ л/с}.$$

Точка «В» – остання вузлова точка в межах розрахункової площі. Тому наступна ділянка, яка розглядається під час розрахунку, – ділянка «В-Д».

Витрати на ділянці «В-Д»

$$Q_{В\text{-}Д} = Q_{Б\text{-}В} + Q_В = 16,8 + 8,59 = 25,39 \text{ л/с}.$$

Напір в точці «Д»:

$$H_Д = 19,43 + \frac{27 \cdot 25,39^2}{1429} = 43,61 \text{м}.$$

Оскільки від водоживильника (ВЖ) до точки «Д» відсутні витратні пристрої, то можна стверджувати, що витрати, які повинен забезпечувати ВЖ, дорівнюють

$$Q_{ВЖ} = Q_{В\text{-}Д} = 25,39 \text{ л/с}.$$

Стосовно напору, який повинен забезпечувати ВЖ, таке твердження є невірним, тому що на шляху прямування вогнегасної речовини від ВЖ до точки «Д» мають місце втрати напору, що пов‘язані із впливом сил тертя та земного тяжіння. Тому

$$H_{ВЖ} = H_1 + 1,2 \sum h_Л + h_{КСК} + Z$$

де H_1 – напір біля першого зрошувача;

$h_{КСК}$ – втрати напору в контрольно-сигнальному клапані (пристрої);

Z – висота підйому ВР;

$\sum h_Л$ – сумарні лінійні втрати напору в мережі від 0-го зрошувача до ВЖ.

$$h_Л = h_{РОЗП} + h_{СТ} + h_{ПІДВ},$$

де $h_{РОЗП}$ - втрати напору в розподільній мережі;

$h_{СТ}$ - втрати напору у стояку;

$h_{\text{ПІДВ}}$ - втрати напору в підвідному трубопроводі від ВЖ до стояка.

$$h_{\text{РОЗП}} = H_{\text{Д}} - H_0 = 43,61 - 5,36 = 38,25\,\text{м};$$

$$h_{\text{СТ}} = \frac{l_{\text{СТ}} \cdot Q_{\text{ВЖ}}^2}{k_1} = \frac{9 \cdot 25,39^2}{1429} = 4,06\,\text{м};$$

$$h_{\text{ПІДВ}} = \frac{l_{\text{СПІДВ}} \cdot Q_{\text{ВЖ}}^2}{k_1} = \frac{50 \cdot 25,39^2}{1429} = 22,55\,\text{м}.$$

Таким чином

$$h_{\text{Л}} = 38,25 + 4,06 + 22,55 = 64,86\,\text{м}.$$

Втрати напору в контрольно-сигнальному пристрої:

$$h_{\text{КСК}} = \xi \cdot Q_{\text{ВЖ}}^2,$$

де ζ- коефіцієнт втрат КСК.

Відповідно до табл. 1.19 або за інформаційними матеріалами від виробника обираємо марку КСК.

Припустимо, що у нашому приміщенні температура повітря не опускається нижче 18 °С. Тоді обираємо вузол керування водозаповненої системи ВС-100 з коефіцієнтом втрат $\zeta=3,02\cdot10^{-3}$. Тоді

$$h_{\text{КСК}} = 3,02 \cdot 10^{-3} \cdot 25,39^2 = 1,94\,\text{м}.$$

Стосовно *Z* припустимо, що насосна станція та приміщення цеху знаходяться на одному рівні. Тоді висота підйому ВР буде дорівнювати висоті приміщення.

Таким чином загальний напір, який повинен забезпечувати ВЖ буде становитиме

$$H_{\text{ВЖ}} = 5,36 + 1,2 \cdot 64,86 + 4,06 + 9 = 96,25\text{м}.$$

Останній крок гідравлічного розрахунку – вибір марки насоса, який у змозі забезпечити $\text{Q}_{\text{ВЖ}} = 25,39\,\text{л/с}$ та $H_{\text{ВЖ}} = 96,25\,\text{м}$.

Таблиця 1.18

Труби	**Діаметр умовного проходу, мм**	**Діаметр зовнішній, мм**	**Товщина стінки, мм**	**Значення k_1**
Сталеві електрозварні (ГОСТ 10704)	15	18	2,0	0,0755
	20	25	2,0	0,75
	25	32	2,2	3,44
	32	40	2,2	13,97
	40	45	2,2	28,70
	50	57	2,5	110,0
	50	57	3,0	99,50
	65	76	2,8	572,0
	65	76	3,0	554,6
	80	89	2,8	1429,0
	80	89	3,0	1393,6
	80	89	3,2	1356,7
	80	89	3,5	1304,4
	100	108	2,8	4322,0
	100	108	3,0	4231,0
	100	108	3,5	4013,2
	100	114	2,8	5872,0
	100	114	3,0*	5757,0
	100	114	4,0*	5205,9
	100	114	4,5*	4946,9
	125	133	3,2	13530,0
	125	133	3,5*	13190,0
	125	140	3,2	18070,0
	150	152	3,2	28690,0
	150	159	3,2	36920,0
	150	159	4,0	34880,0
	150	159	4,5	33662,6
	150	159	5,0*	32475,1
	150	159	5,5*	31321,8
	150	159	6,0*	30202,0
	200	219	4,0	209900,0
	200	219	6,0*	189429,1
	200	219	7,0*	179824,5
	200	219	8,0*	170619,5
	250	273	4,0*	711300,0
	250	273	5,0*	683012,1
	250	273	5,5*	669222,8
	250	273	6,0*	655661,0
	250	273	7,0*	629206,4
	250	273	8,0*	603625,9

Продовження таблиці 1.18

Труби	Діаметр умовного проходу, мм	Діаметр зовнішній, мм	Товщина стінки, мм	Значення k_1
Сталеві електрозварні (ГОСТ 10704)	300	325	4,0*	1856000,0
	300	325	6,0*	1733721,0
	300	325	7,0*	1675266,0
	300	325	8,0*	1618423,0
	350	377	5,0*	4062000,0
Сталеві водогазопровідні (ГОСТ 3262)	15	21,3	2,5	0,18
	20	26,8	2,5	0,926
	25	33,5	2,8	3,65
	32	42,3	2,8	16,5
	40	48	3,0	34,5
	50	60	3,0	135,0
	65	75,5	3,2	517,0
	80	88,5	3,5	1262,0
	90	101	3,5	2725,0
	100	114	4,0	5205,0
	125	140	4,0	16940,0
	150	165	4,0	43000,0
Примітка. Труби, позначені відміткою *, застосовуються в мережах як внутрішнього, так і зовнішнього водопостачання.				

Таблиця 1.19

Вузли керування	Тип клапана	Діаметр клапана, мм	Коефіцієнт втрат напору клапана ξ
Спринклерної системи водозаповненої згідно з ТУ 22-3867	ВС	100	$3{,}02\cdot10^{-3}$
		150	$8{,}68\cdot10^{-4}$
Те саме повітряної	ВС, ГД	100	$9{,}36\cdot10^{-3}$
		150	$2{,}27\cdot10^{-3}$
Те саме	ВС, КЗС	100	$7{,}17\cdot10^{-3}$
		150	$1{,}70\cdot10^{-3}$
Те саме повітряної та дренчерної систем згідно з ТУ 25-0958.0002	КЗУ	100	$2{,}13\cdot10^{-3}$
		150	$5{,}55\cdot10^{-4}$
Те саме	КЗМ	100	$3{,}31\cdot10^{-3}$
		150	$6{,}59\cdot10^{-4}$
Спринклерної та дренчерної систем	БКМ	100	$2{,}35\cdot10^{-3}$
		150	$7{,}70\cdot10^{-4}$
		200	$1{,}98\cdot10^{-4}$
Дренчерної системи згідно з ТУ 22-3863	ГД	65	$4{,}80\cdot10^{-2}$
		100	$6{,}34\cdot10^{-3}$
		150	$1{,}40\cdot10^{-3}$

Продовження таблиці 1.19

Вузли керування	Тип клапана	Діаметр клапана, мм	Коефіцієнт втрат напору клапана ξ
Те саме	КЗС	65	$23{,}15\cdot10^{-3}$
		100	$4{,}15\cdot10^{-3}$
		150	$0{,}82\cdot10^{-3}$
Те саме згідно з ТУ 25.09.029	КПТА	25	$2{,}47\text{-}10^{-1}$
		32	$8{,}65\text{-}10^{-2}$
		40	$5{,}04\text{-}10^{-2}$
		50	$1{,}83\text{-}10^{-2}$
		65	$5{,}34\text{-}10^{-3}$

Приклад розрахунку спринклерної системи пінного пожежогасіння

Потрібно розрахувати спринклерну систему для гасіння можливої пожежі у приміщенні цеху з виробництва штучного хутру з розмірами 24х36х9 м і з відстанню від вузла керування (ЗПУ) до насосної станції 50 м.

РОЗВ'ЯЗАННЯ. Спочатку необхідно визначитися з вихідними даними для розрахунку. За табл. 1.13 визначаємо, що фарбувальний цех належить до 2-й групи приміщень за пожежною небезпекою, а згідно з табл. 1.14 визначаємо:

- інтенсивність I = 0,08 л/с·м^2;
- площа, що підлягає захисту одним зрошувачем Fo = 12 м^2;
- площа для розрахунку витрати Fp = 240 м^2;
- час роботи системи t = 60 хв.

Здійснюємо розміщення зрошувачів і трасування трубопроводів, визначаємо місце розташування вузла керування (ЗПУ).

При виборі марки зрошувача необхідно керуватися технічними характеристиками зрошувача, а саме – величиною мінімального вільного напору та максимально допустимого напору. Величина напору на будь-якому зрошувачі мережі, по-перше, не повинна виходити за межі діапазону $H_{\min} \div H_{\max}$, а по-друге, бути якнайближче до $H_{\min}$.

Згідно з табл. 1.17 обираємо марку зрошувача. Для цього визначаємо напір на головному зрошувачі для різних марок.

Пінний дренчерний з діаметром вихідного отвору 8 мм ($H_{\min} = 15\text{м}, H_{\max} = 100\text{м},\ k = 0,2$):

$$\text{H}_{08} = \left(\frac{I \cdot F_0}{k}\right)^2 = \left(\frac{0{,}08 \cdot 12}{0{,}2}\right)^2 = 23{,}04\,м.$$

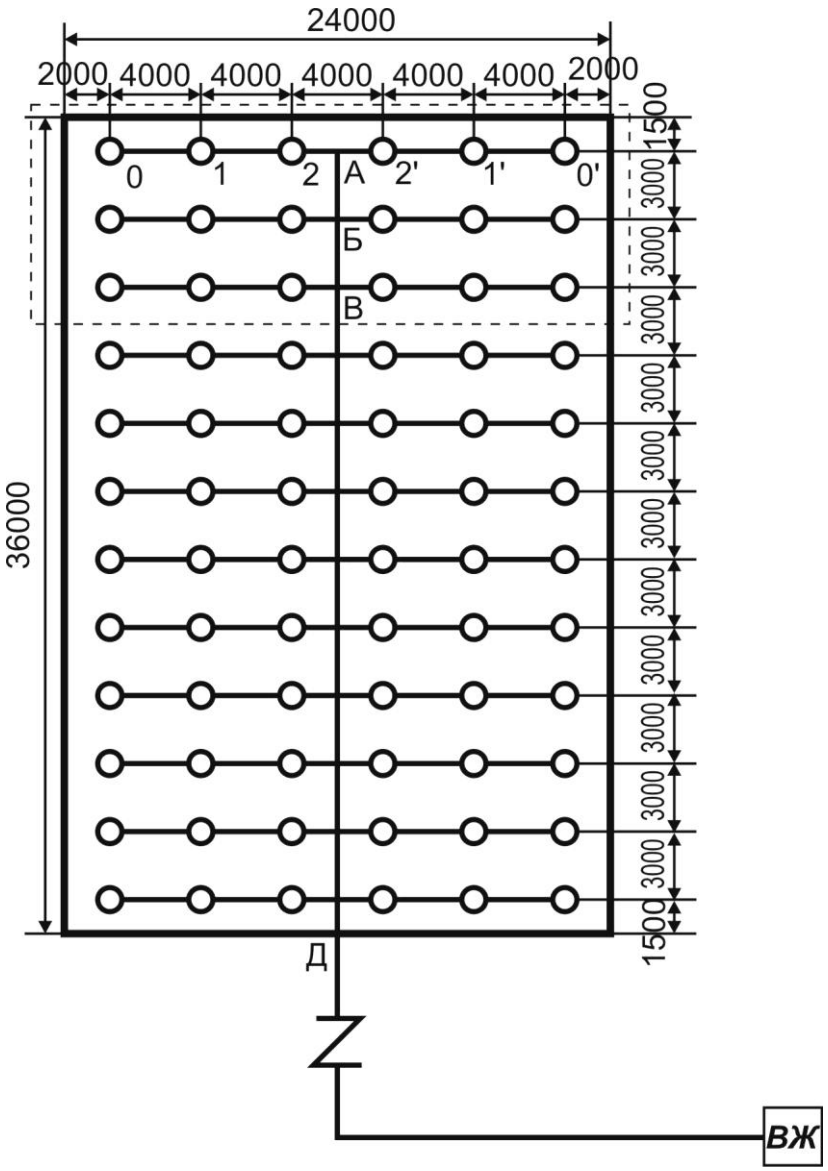


Рис. 1.51 – Розрахункова схема спринклерної системи пожежогасіння

Значення H_{08} потрапляє в діапазон $H_{\min} \div H_{\max}$.

Пінний дренчерний з діаметром вихідного отвору 10 мм ($H_{\min} = 15$м, $H_{\max} = 100$м, $k = 0,31$):

$$\mathrm{H}_{010} = \left(\frac{I \cdot F_0}{k} \right)^2 = \left(\frac{0,08 \cdot 12}{0,31} \right)^2 = 9,59\text{м}.$$

Значення H_{010} не попадає в діапазон $H_{\min} \div H_{\max}$.

Тому обираємо зрошувач пінний дренчерний з діаметром вихідного отвору 8 мм з коефіцієнтом витрат $k = 0,2$.

Визначимо при цьому напорі витрату вогнегасної речовини (ВР) через 0-й зрошувач:

$$Q_0 = k\sqrt{H_0} = 0{,}2\sqrt{23{,}04} = 0{,}96 \text{ л/с.}$$

Далі визначаємо витрати на ділянці 0-1:

$$Q_{0-1} = Q_0 = 0{,}96 \text{ л/с}.$$

Визначаємо діаметр трубопроводу на ділянці 0-1:

$$d_{0\text{-}1} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{0-1} \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot \upsilon}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0{,}96 \cdot 10^{-3}}{3{,}14 \cdot 5}} = 0{,}0156 \text{ м}$$

де $Q_{0\text{-}1}$ – витрата ВР на ділянці 0-1, л/с;

υ – швидкість прямування ВР у трубах.

Відповідно до [4] максимальна швидкість руху ВР у трубах становить 10 м/с. В розрахунках приймаємо середнє значення.

За табл. 1.18 приймаємо найближче стандартне значення – труби сталеві електрозварні $d_{0-1} = 15$мм, коефіцієнт втрат напору $k_1 = 0{,}075$. Значення діаметрів наносимо на схему.

Напір біля спринклерного зрошувача «1»:

$$H_1 = H_0 + \frac{l_{0-1} \cdot Q_{0-1}^2}{k_1} = 23{,}04 + \frac{4 \cdot 0{,}96^2}{0{,}075} = 72{,}55 \text{ м}.$$

Втрати напору на ділянці 0-1 при діаметрі трубопроводу становлять 49 м. Для зменшення втрат напору збільшуємо діаметр трубопроводу на ділянці 0-1 до $d_{0-1} = 20$мм, $k_1 = 0{,}75$.

$$H_1 = H_0 + \frac{l_{0-1} \cdot Q_{0-1}^2}{k_1} = 23.04 + \frac{4 \cdot 0{,}96^2}{0{,}75} = 27{,}95 \text{ м}.$$

Витрати зі зрошувача «1» дорівнюють:

$$Q_1 = k\sqrt{H_1} = 0{,}2\sqrt{27{,}95} = 1{,}06 \text{ л/с.}$$

Витрата на ділянці 1–2 дорівнює сумі витрат:

$$Q_{1-2} = Q_{0-1} + Q_1 = 0,96 + 1,06 = 2,02 \text{ л/с}.$$

Визначаємо діаметр трубопроводу на ділянці 1-2:

$$d_{1\text{-}2} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,02 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 5}} = 0,022 \text{ м}.$$

Приймаємо найближче стандартне значення – труби сталеві електрозварні $d_{0-1} = 25$мм, коефіцієнт втрат напору $k_1 = 3,44$.

Визначаємо напір в точці «2»:

$$H_2 = 27,95 + \frac{4 \cdot 2,02^2}{3,44} = 32,69 \text{ м}.$$

Витрати зі зрошувача «2»:

$$Q_2 = 0,2\sqrt{32,69} = 1,14 \text{ л/с}.$$

Витрата на ділянці «2–А» дорівнює сумі витрат:

$$Q_{2-A} = Q_{1-2} + Q_2 = 2,02 + 1,14 = 3,16 \text{ л/с}.$$

Визначаємо діаметр трубопроводу на ділянці «2-А»:

$$d_{2\text{-А}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3,16 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 5}} = 0,028 \text{ м}.$$

Приймаємо найближче стандартне значення – труби сталеві електрозварні $d_{0-1} = 32$мм, коефіцієнт втрат напору $k_1 = 13,97$.

Визначаємо гідравлічні показники зліва від точки «А».

Напір зліва від точки «А»:

$$H_{\text{А лів}} = 32,69 + \frac{2 \cdot 3,16^2}{13,97} = 34,11 \text{ м}.$$

Витрати зліва від точки «А»:

$$Q_{\text{А лів}} = \text{Q}_{\text{2-А}} = 3{,}16 \text{ л/с}.$$

Оскільки ліва та права частина рядка «А» є однаковими, то ми можемо записати:

$$H_{\text{А прав}} = H_{\text{А лів}} = 34{,}11\text{м},$$

$$\text{Q}_{\text{А прав}} = Q_{\text{А лів}} = 3{,}16\,\text{л/с}.$$

Далі визначаємо показники в точці «А»:

$$H_{\text{А}} = H_{\text{А прав}} = H_{\text{А лів}} = 34{,}11\text{м},$$

$$\text{Q}_{\text{А}} = \text{Q}_{\text{А прав}} + Q_{\text{А лів}} = 6{,}32\,\text{л/с}.$$

Визначаємо характеристику рядка

$$\theta = \frac{Q_{\text{А}}^2}{H_{\text{А}}} = \frac{6{,}32^2}{34{,}11} = 1{,}17.$$

Визначаємо орієнтовні витрати системи. Оскільки максимальну кількість зрошувачів, яка спрацює одночасно при найгіршому варіанті розвитку пожежі, становлять зрошувачі, що розташовані над розрахунковою площею, орієнтовну витрату системи визначаємо наступним чином

$$Q_{\text{ор}} = \text{F}_{\text{ор}}\text{I} = 240 \cdot 0{,}08 = 19{,}2\,\text{л/с}.$$

Виходячи з орієнтовних витрат системи, визначаємо діаметр живильного трубопроводу

$$d_{\text{жив}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 19{,}2 \cdot 10^{-3}}{3{,}14 \cdot 5}} = 0{,}07\,\text{м}.$$

Приймаємо найближче стандартне значення – труби сталеві електрозварні $d_{0\text{–}1} = 80\,\text{мм}$, коефіцієнт втрат напору $k_1 = 1429$.

Витрати на ділянці «А-Б» становлять

$$Q_{А-Б} = \mathrm{Q_А} = 6{,}32\,\text{л/с}.$$

Напір в точці «Б»

$$H_{Б} = 34{,}11 + \frac{3 \cdot 6{,}32^2}{1429} = 34{,}19\,\text{м}.$$

Витрати в точці «Б»

$$\mathrm{Q_Б} = \sqrt{\theta \cdot \mathrm{H_Б}} = \sqrt{1{,}17 \cdot 34{,}19} = 6{,}32\,\text{л/с}.$$

Витрати на ділянці «Б-В»:

$$\mathrm{Q_{Б\text{-}В}} = \mathrm{Q_{А\text{-}Б}} + Q_{Б} = 6{,}32 + 6{,}32 = 12{,}64\,\text{л/с}.$$

Напір у точці «В»:

$$H_{\mathrm{В}} = 34{,}19 + \frac{3 \cdot 12{,}64^2}{1429} = 34{,}52\,\text{м}.$$

Витрати в точці «В»

$$\mathrm{Q_В} = \sqrt{\theta \cdot \mathrm{H_В}} = \sqrt{1{,}17 \cdot 34{,}52} = 6{,}35\,\text{л/с}.$$

Точка «В» – остання вузлова точка в межах розрахункової площі. Тому наступна ділянка, яка розглядається під час розрахунку, – ділянка «В-Д».

Витрати на ділянці «В-Д»:

$$\mathrm{Q_{В\text{-}Д}} = \mathrm{Q_{Б\text{-}В}} + Q_{\mathrm{В}} = 12{,}64 + 6{,}35 = 18{,}99\,\text{л/с}.$$

Напір у точці «Д»:

$$H_{Д} = 34{,}52 + \frac{27 \cdot 18{,}99^2}{1429} = 41{,}33\,\text{м}.$$

Оскільки від водоживильника (ВЖ) до точки «Д» відсутні витратні пристрої, то можна стверджувати, що витрати, які повинен забезпечувати ВЖ, дорівнюють:

$$Q_{ВЖ} = Q_{в\text{-}д} = 18{,}99 \text{ л/с}.$$

Стосовно напору, який повинен забезпечувати ВЖ, таке твердження є невірним, тому що на шляху прямування вогнегасної речовини від ВЖ до точки «Д» мають місце втрати напору, що пов'язані із впливом сил тертя та земного тяжіння. Тому

$$H_{ВЖ} = H_1 + 1{,}2\sum h_Л + h_{КСК} + Z,$$

де H_1 – напір у першого зрошувача;

$h_{КСК}$ – втрати напору в контрольно-сигнальному клапані (пристрої);

Z – висота підйому ВР;

$\sum h_Л$ – сумарні лінійні втрати напору в мережі від 0-го зрошувача до ВЖ.

$$h_Л = h_{РОЗП} + h_{СТ} + h_{ПІДВ},$$

де $h_{РОЗП}$ – втрати напору в розподільній мережі;

$h_{СТ}$ – втрати напору у стояку;

$h_{ПІДВ}$ – втрати напору в підвідному трубопроводі від ВЖ до стояка.

$$h_{РОЗП} = H_Д - H_0 = 41{,}33 - 23{,}04 = 18{,}29 \text{ м};$$

$$h_{СТ} = \frac{l_{СТ} \cdot Q_{ВЖ}^2}{k_1} = \frac{9 \cdot 18{,}99^2}{1429} = 2{,}27 \text{ м};$$

$$h_{ПІДВ} = \frac{l_{СПІДВ} \cdot Q_{ВЖ}^2}{k_1} = \frac{50 \cdot 18{,}99^2}{1429} = 12{,}61 \text{м}.$$

Таким чином

$$h_{Л} = 18{,}29 + 2{,}27 + 12{,}61 = 33{,}17 \text{ м}.$$

Втрати напору в контрольно-сигнальному пристрої дорівнюють:

$$h_{КСК} = \xi \cdot Q_{ВЖ}^2,$$

де ζ – коефіцієнт втрат КСК.

Згідно з табличними даними обираємо марку КСК.

Припустимо, що у нашому приміщенні температура повітря не опускається нижче 18 °С. Тоді обираємо вузол керування водозаповненої системи ВС-100 з коефіцієнтом втрат ζ=3,02·10^{-3}. Тоді

$$h_{\text{КСК}} = 3,02 \cdot 10^{-3} \cdot 18,99^2 = 1,08\,\text{м}.$$

Стосовно *Z* припустимо, що насосна станція та приміщення цеху знаходяться на одному рівні. Тоді висота підйому ВР буде дорівнювати висоті приміщення.

Таким чином загальний напір, який повинен забезпечувати ВЖ, становитиме:

$$H_{\text{ВЖ}} = 23,04 + 1,2 \cdot 33,17 + 1,08 + 9 = 72,92\,\text{м}.$$

Останній крок гідравлічного розрахунку – вибір марки насоса, який у змозі забезпечити $Q_{\text{ВЖ}} = 18,99\,\text{л/с}$ та $H_{\text{ВЖ}} = 72,92\,\text{м}$.

Приклад розрахунку дренчерної системи пінного (водяного) пожежогасіння

Розрахунок виконується аналогічно до розрахунку спринклерних систем пінного пожежогасіння. Відмінність розрахунку полягає в тому, що гідравлічний розрахунок виконується не для частини приміщення (розрахункової площі), а для всього приміщення (площі, що підлягає захисту секцією системи). Приклад розрахункової схеми наведено на рис. 1.52. Послідовно розраховуються ділянки «А-Б», «Б-В»… «Н-Д».

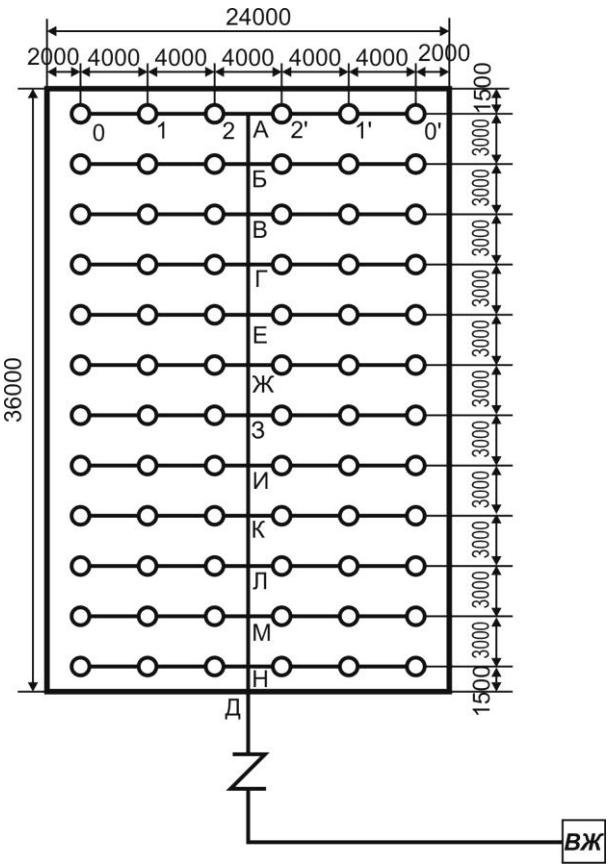


Рис. 1.52 – Розрахункова схема дренчерної системи пожежогасіння

Приклад розрахунку системи пожежогасіння з водою зі змочувачем в якості вогнегасної речовини

Розрахунок виконується аналогічно до розрахунку відповідних систем з водою або піною в якості ВР. Але слід врахувати, що додавання змочувача підвищує ефективність дії ВР. Тому для успішного виконання завдань, поставлених перед системою пожежогасіння, достатньо меншого об‘єму ВР. Тому при розрахунку нормативну інтенсивність подачі води необхідно брати із коефіцієнтом 0,8.

Розрахунок спринклерної системи водяного пожежогасіння тупикового типу

Розрахунок розподільчої гілки виконується аналогічно до розрахунку кільцевій мережі до точки приєднання до трубопроводу. Але такі розрахунки проводити зручно, якщо гілки симетрично приєднані до трубопроводу або приєднані з однієї сторони. У разі несиметричного приєднання гілок до трубопроводу необхідно розраховувати додатково параметри меншої з гілок. Для того щоб отримати точні результати, наведемо методику розрахунків параметрів гілки (напору та витрат) у будь-якій точці через параметри «диктуючого» зрошувача.

У загальному вигляді зв’язок між витратою з будь-якого зрошувача гілки та «диктуючого» зрошувача можна задати наступним чином:

$$Q_n = M_n Q_0 .$$

А напір у будь-якій точці гілки має залежність із напором «диктуючого» зрошувача, яка має наступний вигляд:

$$H_n = M_n^2 H_0, \tag{1.1}$$

де коефіцієнт M_n визначається за наступною формулою:

$$M_n = \sqrt{M_{n-1}^2 + (\sum_{i=0}^{n-1} M_i)^2 \cdot \frac{k^2}{k_{1_{(n-1)\div n}}} \cdot l_{(n-1)\div n}}, \tag{1.2}$$

де $M_0 = 1$;

$k_{1_{(n-1)\div n}}$ – питомий коефіцієнт втрати напору на ділянці (n-1)÷n (визначається за таблицею 1.12 для заданого діаметра трубопроводу);

k – коефіцієнт витрат через зрошувач;

$l_{(n-1)\div n}$ – довжина ділянки n-1÷n.

Розглянемо несиметричну схему (рис. 1.53).

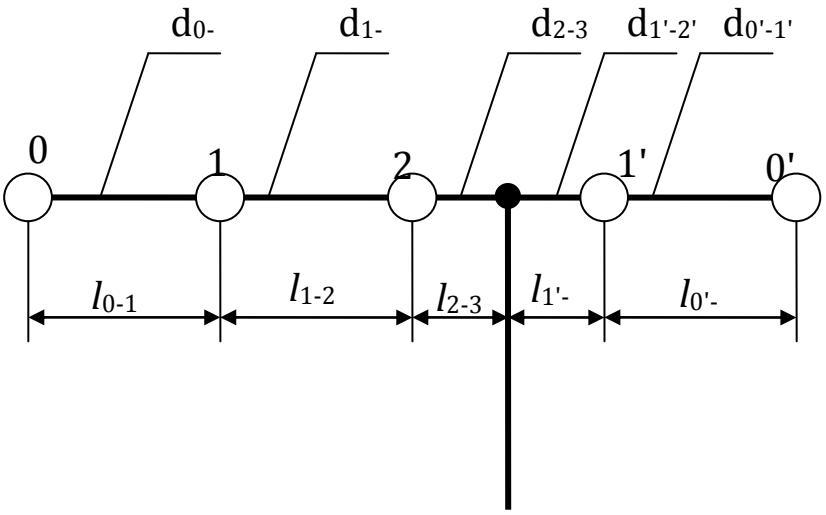


Рис. 1.53 – Схема несиметричного розміщення зрошувачів

Для зручності використання формул загального призначення пронумеруємо зрошувачі окремо та правої частини гілки. При цьому будемо враховувати точку А, в якій гілка поділяється на праву та ліву частини; з лівого боку точка А буде мати номер 3, а з лівого боку – перебуватиме під номером 2′.

«Диктуючим» зрошувачем є зрошувач під індексом 0. Для цього зрошувача витрата та напір мають залежність:

$$Q_0 = k\sqrt{H_0}\,. \qquad (1.3)$$

Витрати на ділянці 0-1 визначаються за формулою:

$$q_{(n-1)\div n} = \sum_{i=0}^{n-1} Q_i \text{ (л/с)}; \qquad (1.4)$$

Ці витрати складаються із суми витрат зі зрошувачів до цієї ділянки:

$$q_{0\div 1} = \sum_{0} Q_{0-1} = Q_0\,.$$

Швидкість руху рідини на ділянці 0-1 визначається за формулою:

$$v_{(n-1)\div n} = \frac{4\cdot q_{(n-1)\div n}\cdot 10^{-3}}{\pi\cdot d^2_{(n-1)\div n}} \text{ (м/с)}. \qquad (1.5)$$

Напір у точці 1 можна записати:

$$H_1 = M_1^2 H_0 .$$

А витрати можна визначити з наступної залежності:

$$Q_1 = M_1 Q_0 ,$$

де $M_1 = \sqrt{1 + \frac{l_{0-1} \cdot k^2}{k_{1_{0-1}}}}$.

Витрати на ділянці 1-2 визначаються за формулою (1.4), і складаються із суми витрат зі зрошувачів до цієї ділянки:

$$q_{1\div 2} = \sum_1^2 Q_{1-2} = Q_0 + Q_1 = Q_0 \cdot (1 + M_1) .$$

Швидкість руху рідини на ділянці 1-2 визначається за формулою (1.5).

Напір у точці 2 буде визначатися як:

$$H_2 = M_2^2 H_0 .$$

Витрати у точці 2 розраховуються як:

$$Q_2 = M_2 Q_0$$

$$M_2 = \sqrt{M_1^2 + (1 + M_1)^2 \frac{l_{1-2} \cdot k^2}{k_{1_{1-2}}}} .$$

Витрати на ділянці 2-3(А) визначаються за формулою (1.4) - вони становляться із суми витрат зі зрошувачів до цієї ділянки:

$$q_{2-3(A)} = \sum_1^3 Q_{1-3} = Q_0 + Q_1 + Q_2 = Q_0 \cdot (1 + M_1 + M_2) .$$

Швидкість руху рідини на ділянці 2-3(А) визначається за формулою (1.5).

Визначаємо напір у точці 3(А) через витрату рідини «диктуючого» зрошувача.

$$H_{3(A)} = H_2 + \frac{l_{2-3(A)} \cdot q^2_{2-3(A)}}{k_{1_{2-3(A)}}} = \frac{M_2^2 \cdot Q_0^2}{k^2} + \frac{l_{2-3(A)} Q_0^2 (1 + M_1 + M_2)^2}{k_{1_{2-3(A)}}}.$$

Оскільки права і ліва гілки не симетричні, то і витрати та напори будуть відрізнятися. Але із законів гідравліки відомо, що напори в точці завжди є рівними. Тому для подальшого розрахунку розглянутої схеми є вірним наступне рівняння:

$$H_A = H_{3(A)} = H_{2'(A)}.$$

Для обчислення параметрів правої частини гілки проведемо аналогічні розрахунки стосовно з лівої частини.

$$Q_{0'} = k\sqrt{H_{0'}}.$$

Витрати на ділянці 0-1 визначаються за формулою (1.4) - вони складаються із суми витрат зі зрошувачів до цієї ділянки:

$$q_{0'\div 1'} = \sum_0^1 Q_{0'-1'} = Q_{0'}.$$

Швидкість руху рідини на ділянці 0-1 визначається за формулою (1.5).

Напір у точці 1′ можна визначити як:

$$H_{1'} = M_{1'}^2 H_{0'}.$$

А витрати визначатися з наступної залежності:

$$Q_{1'} = M_{1'} Q_{0'},$$

де $M_{1'} = \sqrt{1 + \frac{l_{0'-1'} \cdot k^2}{k_{1_{0'-1'}}}}$.

Витрати на ділянці 1′-2′(А) за формулою (1.4) – вони складаються із суми витрат зі зрошувачів до цієї ділянки:

$$q_{1'\div 2'} = \sum_{1'}^{2'} Q_{1'-2'} = Q_{0'} + Q_{1'} = Q_{0'} \cdot (1 + M_{1'}).$$

Тоді напір у точці 2′(А) буде визначатись як:

$$H_{2'(A)} = H_{1'} + \frac{l_{1'-2'(A)} \cdot q^2_{1'-2'(A)}}{k_{1_{1'-2'(A)}}} = \frac{M^2_{1'} \cdot Q^2_{0'}}{k^2} + \frac{l_{1'-2'(A)} Q^2_{0'} (1+M_{1'})^2}{k_{1_{1'-2'(A)}}}.$$

Оскільки є справедливим рівняння:

$$H_{3(A)} = H_{2'(A)},$$

то витрату зі зрошувача 0’ визначаємо як:

$$Q_{0'} = Q_0 \cdot \sqrt{\frac{M^2_2 + (1+M_1+M_2)^2 \cdot \frac{k^2}{k_{2-3(A)}} \cdot l_{2-3(A)}}{M^2_{1'} + (1+M_{1'})^2 \cdot \frac{k^2}{k_{1'-2'(A)}} \cdot l_{1'-2'(A)}}}.$$

Отримана залежність дозволяє однозначно встановити значення витрат між «диктуючим» зрошувачем та зрошувачами гілки протилежної частини.

Якщо гілки розподільчої мережі є однаковими, то визначається «характеристика рядка», яка є відношенням квадрату витрат у точці приєднання гілки до напору в цій точці:

$$\theta = \frac{Q^2_{\text{A}}}{H_{\text{A}}} \text{ – характеристика рядка.}$$

Далі проводиться гідравлічний розрахунок мережі на розрахунковій площі.

Для дренчерних систем розрахунковою є площа усього приміщення, що підлягає захисту.

Для спринклерних систем розрахункова площа залежить від групи приміщення та визначається за таблицею 1.13.

Визначившись із кількістю рядків на розрахунковій площі, необхідно провести розрахунок за формулами (1.4), (1.5).

Після визначення напору в точці, де стикується наступна гілка, витрата з неї визначається наступним чином:

$$Q_i = \sqrt{\theta \cdot H_i}\ .$$

Розрахунок розподільної мережі за цим алгоритмом проводиться до точки вводу.

Контрольні питання до розділу 1

1. Надайте класифікацію систем водяного і пінного пожежогасіння.
2. Розкрийте конструкцію і принцип роботи спринклерної системи водяного пожежогасіння.
3. Розкрийте конструкцію і принцип роботи дренчерної системи водяного пожежогасіння.
4. Вкажіть особливості конструкції та розкрийте принцип роботи систем пінного пожежогасіння.
5. Вкажіть способи дозування піноутворювача в системах пінного пожежогасіння.
6. Надайте характеристики тонкорозпиленої води як вогнегасної речовини.
7. Розкрийте принципи роботи системи «гаряча піна».
8. Опишіть гасіння нагрітою водою як спосіб боротьби з вогнем.

Література до розділу 1

1. ДБН В.2.6-56:2014. Системи протипожежного захисту.
2. ДСТУ Б EN 12845:2011. Стаціонарні системи пожежогасіння. Автоматичні спринклерні системи. Проектування, монтування та технічне обслуговування.

РОЗДІЛ 2. АВТОМАТИЧНІ СИСТЕМИ ГАЗОВОГО ПОЖЕЖОГАСІННЯ

Під *автоматичними системами газового пожежогасіння* (АСГП) розуміють сукупність стаціонарних технічних засобів пожежогасіння для гасіння пожежі за рахунок автоматичного випуску газової вогнегасної речовини (ГВР).

2.1 Галузь застосування АСГП

АСГП призначені для ліквідації пожеж електроустаткування і електронного обладнання, засобів телекомунікації, легкозаймистих рідин і газів та ін. Найбільш характерними об'єктами, де застосовують АСГП, є бібліотеки, музеї, архіви, книгосховища, сховища та серверні банків, автоматичні телефонні станції, виставки, автосалони, газокомпресорні станції, умовно герметичні складські приміщення з дорогим устаткуванням та ін.

Перевагами застосування АСГП є те, що під час гасіння пожежі ГВР не псують технологічного устаткування та матеріалів, що обертаються у приміщенні. Вони не є електропровідними, мають добру проникну здатність до важкодоступних місць. При тривалому збереженні ГВР не змінюють своїх фізико-хімічних властивостей та є хімічно нейтральними стосовно більшості поширених матеріалів, а після застосування легко видаляються із приміщення провітрюванням, не вимагають дренажних систем, не створюють проблем під час утилізації.

Але під час проектування систем газового пожежогасіння може виникати ситуація, коли газові вогнегасні речовини виявляються непридатними для застосування, за деяких обставин може виникнути небезпека від їх використання. Це потребує застосування спеціальних запобіжних заходів.

До недоліків застосування АСГП, у ряді випадків, можна віднести: небезпеку впливу вогнегасних речовин чи продуктів їх термічного розкладання на людей, необхідність додаткової подачі газової вогнегасної речовини у випадку її витоку через відкриті прорізи. Під час зберігання газових вогнегасних речовин необхідні спеціальні металоємні балони; при цьому гази, що зберігаються під надлишковим тиском, схильні до витоків через нещільності в запірній арматурі. У порівнянні з водою, при захисті великих об'ємів у вогнегасних газів відсутній помітний охолоджувальний ефект. Вартість деяких вогнегасних речовин є досить високою, а вартість АСГП - вище порошкових, а інколи і водяних систем. Однак після ліквідації пожежі або у

випадку несанкціонованого пуску ГВР практично не справляє впливу на цінності, які підлягають захисту у приміщенні, що робить використання АСГП більш доцільним у багатьох випадках.

Під час подавання ГВР у потенційно вибухонебезпечне середовище необхідно вживати застережних заходів. Оскільки ГВР мають високі діелектричні властивості, то під час їхнього виходу з АСГП вони можуть накопичувати електростатичний заряд. У такому разі при потраплянні ГВР на незаземлені провідники може виникнути електростатичний розряд. Ці провідники можуть передавати заряд з енергією, достатньою для виникнення вибуху, на інші об'єкти. Щоб уникнути цього, у разі використання АСГП трубопровід необхідно незалежним належним чином закріплювати і заземлювати.

АСГП, як правило, не застосовуються для гасіння речовин, схильних до самозайняння, здатних горіти без доступу повітря, схильних до горіння всередині об'єму речовин (бавовна, трав'яне борошно та ін.), а також для гасіння металів (натрій, калій, магній, титан) та пірофорних речовин.

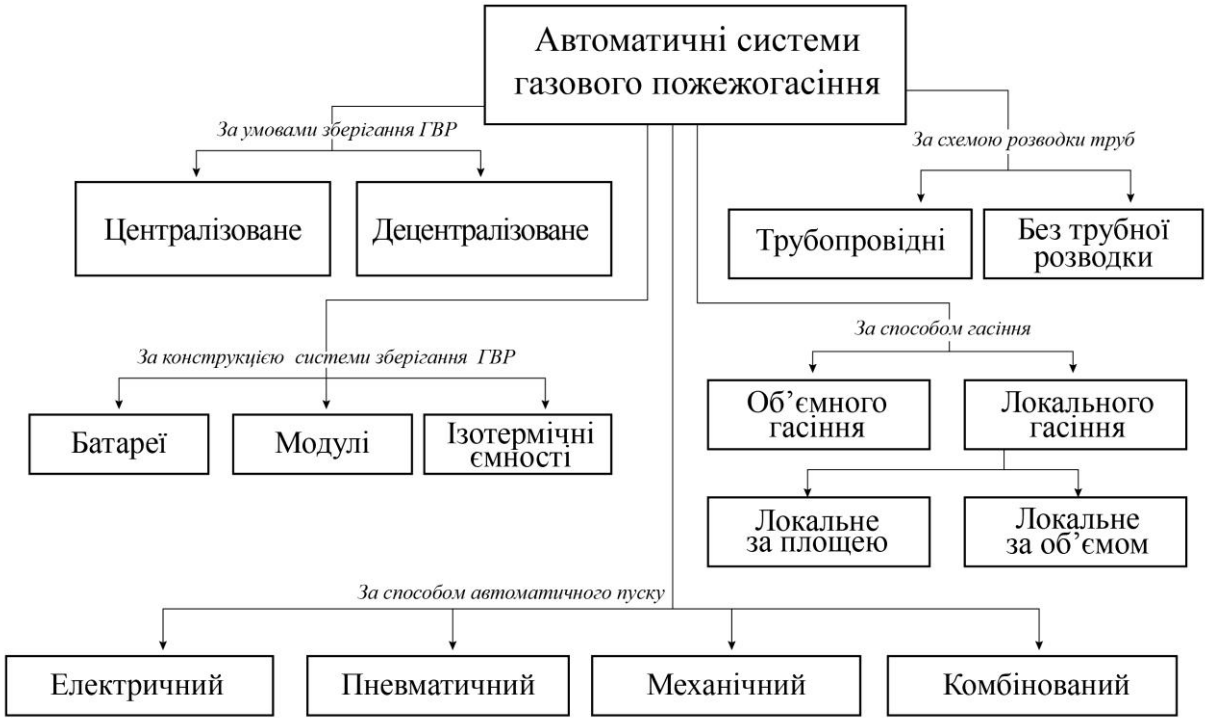
2.2 Класифікація систем газового пожежогасіння

В основу класифікації АСГП покладено конструктивні особливості й фізико-хімічні властивості ГВР.

За умовами зберігання ГВР установки бувають двох типів: з централізованим зберіганням і децентралізованим зберіганням ГВР. Установки з децентралізованим зберіганням ГВР є конструкцією, яка забезпечує подачу ГВР у те саме приміщення, де вона сама розміщена (або розміщена біля входу до цього приміщення). Установка з централізованим зберіганням ГВР являє собою систему, що розміщується в окремому приміщенні станції газового пожежогасіння і забезпечує подачу ГВР у потрібному напрямку у різні приміщення будівлі. Такі установки, як правило, захищають приміщення значно більшого об'єму, а часто і приміщення усієї будівлі.

За конструкцією системи зберігання ГВР АСГП поділяють на: модулі газового пожежогасіння, автоматичні системи газового пожежогасіння та ізотермічні системи газового пожежогасіння. Модульною автоматичною установкою газового пожежогасіння є АСГП, що містить один або декілька модулів із ГВР, які розміщені безпосередньо у приміщенні, що підлягає захисту, або поряд із ним. При цьому модулем газового пожежогасіння є балон (посудина) із запірно-пусковим пристроєм для зберігання і випуску ГВР. Автоматична система газового пожежогасіння – це група модулів, об'єднаних за-

гальним колектором і пристроєм ручного та автоматичного пуску, які дозволяють здійснювати випуск ГВР із групи або окремих модулів. Ізотермічна система пожежогасіння використовується для захисту великих об'ємів і дозволяє зберігати до 25 тонн ГВР.



За схемою трубопровідної розводки АСГП поділяють на установки з розподільною мережею ГВР та установки без розподільної мережі. Як правило, модульні установки є установками без розподільної мережі.

За способом гасіння АСГП поділяють на установки: об'ємного (забезпечує гасіння у всьому об'ємі приміщення) і локального гасіння за об'ємом або за площею (забезпечують гасіння окремо установленого обладнання та у тих випадках, коли застосування установок об'ємного гасіння є технічно неможливим чи економічно недоцільним). АСГП об'ємного гасіння застосовуються для захисту приміщень у випадку, якщо вони мають умовно закритий об'єм.

За способом автоматичного пуску АСГП поділяють на установки: з електричним, пневматичним, механічним та комбінованим пуском. Разом з автоматичним пуском більшість АСГП мають і ручний пуск.

2.3 Газові вогнегасні речовини

Ефективність АСГП у значній мірі визначається ефективністю ГВР. Нормативними документами України в першу чергу розглядається застосування в АСГП вогнегасних речовин, які зазначені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Газові вогнегасні речовини

Вогнегасна речовина	**Хімічна назва**	**Хімічна формула**	**Національний стандарт**
FK-5-1-12	додекафтор-2-метилпентан-3-он	$CF_3CF2C(O)CF(CF_3)2$	ДСТУ 4466-5
HFC 125	пентафторетан	CHF2CF3	ДСТУ 4466-8
HFC 227ea	гептафторпропан	CF_3CHFCF_3	ДСТУ 4466-9
IG-01	аргон	Ar	ДСТУ 4466-12
IG-100	азот	N_2	ДСТУ 4466-13
IG-55	азот (50 %)	N_2	ДСТУ 4466-14
	аргон (50 %)	Ar	
IG-541	азот (52 %)	N_2	ДСТУ 4466-15
	аргон (40 %)	Ar	
	діоксид вуглецю (8 %)	CO_2	
CO_2	діоксид вуглецю	CO_2	ДСТУ 5092

Ці ГВР та інші, застосування яких передбачене окремими держстандартами України, за механізмом дії умовно поділяють на дві групи: *інертні розріджувачі* та *інгібітори горіння*.

Таблиця 2.2 – Небезпечні фактори застосування вогнегасних газів

№ з/п	**Небезпечний фактор**	**Приміщення, що підлягає захисту**	**Сусідні приміщення**	**Навколишнє середовище**
1	**2**	**3**	**4**	**5**
1	Токсичність газу	+	+	–
2	Зниження концентрації кисню у приміщенні нижче граничного рівня	+	+	–
3	Токсичність продуктів термічного розкладання (піролізу) газу, що потрапив в осередок пожежі	+	+	–
4	Часткова або повна втрата видимості в період подачі газу	+	–	–
5	Утворення біля насадок локальних зон підвищеної концентрації газу і низьких температур (останнє для зріджених газів, особливо для CO_2)	+	–	–

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5
6	Шум, свист, а також переміщення в потоці газу невеликих предметів та їх можливі удари, які здатні викликати переляк, паніку	+	–	–
7	Статистична електрика при подачі зріджених газів у вибухонебезпечній атмосфері	+	–	–
8	Корозійний вплив продуктів піролізу газу на устаткування, що підлягає захисту	+	–	–
9	Вплив, що руйнує озоновий шар Землі	–	–	+

Інгібування горіння (так зване хімічне гальмування) є більш ефективним способом гасіння пожежі, ніж *зниження концентрації кисню* (так зване фізичне гальмування), яке відбувається під час застосування інертних розріджувачів. У разі застосування інгібіторів гасіння відбувається за значно менших концентрацій ГВР у повітрі. Інгібіторні властивості притаманні хладонам. Як інертні розріджувачі використовують інертні гази, азот, діоксид вуглецю та їх суміші.

2.3.1 Хладони

З численної кількості термінів, що позначають назву галогенумісних вуглеводнів, назва «фреон» фірми «E.I. du Pont de Nemours and Co.» (США) протягом багатьох років використовувалася в літературі як загальнотехнічний термін для холодоагентів. Як торгову назву прийнято слово «хладон». Міжнародна назва галогенумісних вуглеводнів, застосовуваних з метою пожежогасіння, – «галон» (halon).

Хладони належать до класу насичених фторвуглеводнів, молекули яких можуть містити інші атоми галогенів. Ці речовини, зокрема бромумісні насичені фторвуглеводні та їх суміші, вперше набули широкого використання в галузі газового пожежогасіння у 60-х роках, завдяки їх виключній здатності до придушення вогню та запобігання вибуху. Вони не проводять електричний струм, є хімічно малоактивними, не утворюють конденсованих залишків після використання, за температур зберігання від -50 до +70 °С не зазнають розкладу. Гасіння при застосуванні хладонів здійснюється за рахунок інгібування.

У наш час використовуються всі назви, але переважно технічні назви: для бромумісних речовин – «галон», для галогенумісних – «хладон».

Галони позначаються групою цифр:

– перша вказує кількість атомів вуглецю в молекулі сполуки;
– друга – число атомів фтору,
– третя – число атомів хлору,
– четверта – число атомів брому,
– п’ята – число атомів йоду.

Наприклад, галон 1211 – CF_2ClBr.

За міжнародним стандартом ISO 817-74 технічне позначення галогенумісних вуглеводнів складається з літерного позначення R (від слова refrigerant- холодоагент) і цифрового позначення - визначального номера. Система визначальних номерів побудована за наступними правилами:

1. Перша цифра праворуч – це число атомів фтору у сполуці (або дефіс і дві цифри, якщо число атомів фтору більше дев’яти).

2. Друга цифра праворуч – це число атомів водню у сполуці плюс одиниця.

3. Третя цифра праворуч – це число атомів вуглецю у сполуці мінус одиниця. Для сполук метанового ряду нуль опускається.

4. Число атомів хлору у сполуці визначають вирахуванням сумарного числа атомів фтору і водню із загального числа атомів, що можуть з’єднатися з атомами вуглецю.

5. Для циклічних похідних на початку визначального номера ставиться буква С.

6. За наявності ізомерів найбільш симетричний з них позначається визначальним номером, а на позначення наступних, усе більш несиметричних, до номера додаються буквені індекси *a, b* тощо. Найбільш симетричним вважається ізомер із найменшим абсолютним значенням різниці молекулярних мас лівої та правої частин молекули.

За наявності в молекулі подвійного зв’язку як четверту цифру праворуч використовують одиницю.

Американським Національним інститутом стандартів (AISI) і американським суспільством інженерів прийнято наступні позначення (табл. 2.3): для перфторвуглецiв (FC чи PFC), для фторвуглеводнів (HFC), для фторхлорвуглеводнів (HCFC), для фторбромвуглеводнів (HBFC), для фторйодвуглеводнів (FIC).

Таблиця 2.3 – Перелік галогенумісних речовин, що застосовуються як вогнегасні засоби

Технічна назва	**Хімічна назва**	**Хімічна формула**	**Англомовний аналог**
Хладон 13В1, галон 1301	трифторбромметан	CF_3Br	Halon 1301
Хладон 12В1, галон 1211	дифторхлорбромметан	CF_2ClBr	Halon 1211
Хладон 22В1, галон 1201	дифторбромметан	CF_2BrH	Halon 1201, FM 100
Хладон 114В2, галон 2402	1,1,2,2-тетрафтордіброметан	$C_2F_4Br_2$	Halon 2402
Хладон 124В1, галон 2401	1,1,1,2-тетрафторброметан	C_2F_4BrH	Halon 2401
Хладон 160В1	брометан, етилбромід, бромистий етил	C_2H_5Br	
Склад «7»	брометан – 20 %, дібромметан – 80 %	C_2H_5Br CH_2Br_2	Extinguishig agent «7»
Склад «3,5»	брометан – 70 %, двоокис вуглецю-30 %	C_2H_5Br CO_2	Extinguishig agent «3,5»
БФ-2	брометан – 73 %, тетрафтордіброметан – 27 %	C_2H_5Br $C_2P_4Br_2$	Agent BF-2
БФ-1	брометан – 84 %, тетрафтордібромметан – 16 %	C_2H_5Br $C_2F_4Br_2$	
БМ	бромметан – 70 %, дібромметан – 30 %	C_2H_5Br CH_2Br_2	
Хладон 10	тетрахлорметан, чотирихлористий вуглець	CCl_4	Carbon tetrachloride
Хладон 23	трифторметан	CF_3H	I-Ialon 13, FE13
Хладон 125	пентафторетан	C_2F_5H	Halon 25, FE25
Хладон 227еа	1,1,1,2,3,3,3-гептафторпропан	C_3F_7H	Halon 37, FM200
Хладон 124	1,1,1,2 – тетрафторхлоретан	C_2F_4ClH	Halon 241, FE241
Хладон 218	октафторпропан	C_3F_8	
Хладон 31-10	декафторбутан	C_4F_{10}	Perfluorbu tane, PFC 410, CEA 410
Хладон 13І1	трифторйодметан	CF_3I	Methyliodicle, FIC 1311
Елегаз	гексафторид сірки	SF_6	Eiegas (sulfurichex afiuoride)

Хладон 13В1 (галон 1301), газоподібний за кімнатної температури, виявився безпечним для людини у концентрації, достатній для пожежогасіння, тому знайшов широке використання у стаціонарних установках газового пожежогасіння на промислових та інформаційно-обчислювальних об'єктах, у комерційних структурах, в авіації та флоті.

Хладон 12В1 (галон 1211), що за звичайних температур є леткою рідиною, застосовувався частіше у вогнегасниках, ніж у стаціонарних системах, і є більш токсичним, ніж хладон 13В1.

Хладон 114В2 (галон 2402), що являє собою легкокиплячу рідину, головним чином застосовувався у Радянському Союзі, де також знайшли застосування деякі вогнегасні речовини («3,5», «7», «БФ-1», «БФ-2», «БМ», «СЖБ»), що містять дібромметан та (або) брометан – речовини, подібні до хладонів.

Схильність хладонів до гальмування процесу горіння пов'язують із наявністю в їх молекулах атомів брому (Br) (в більшій мірі), атомів хлору (Cl) та фтору (F) (в меншій мірі). Дослідження цих речовин виявило їх причетність до руйнування стратосферного озону (стратосфера знаходиться на висотах від 11 до 50 км, а максимальна концентрація озону спостерігається на висоті 25 км – це озоновий шар планети). Після застосування молекули хладону підіймаються до стратосфери. Під дією ультрафіолетового випромінювання сонця на молекули хладонів відбувається вивільнення атомів брому та хлору. Вони вступають у реакції каталітичного руйнування озону, при цьому самі не руйнуються. Один атом хлору (Cl) чи брому (Br) здатний брати участь у реакціях руйнування декількох десятків тисяч молекул озону, перш ніж він залишить озоновий шар. Схема реакцій цього процесу є наступною: розклад хладонів під дією ультрафіолетового випромінювання:

$$CF_3Br + h\nu \rightarrow CF_3 + Br;$$

$$CFCl_3 + h\nu \rightarrow CFC1_2 + Cl;$$

- каталітичний розклад озону (O_3):

$$Cl + O_3 \rightarrow ClO + O_2;\ ClO + O_3 \rightarrow Cl + 2O_2;$$

$$Br + O_3 \rightarrow BrO + O_2;\ BrO + O_3 \rightarrow Br + 2O_2.$$

В реакції з озоном атоми брому в 40 разів більш активні, ніж атоми хлору, тому бромумісні хладони мають значно вищі значення озоноруйнівного потенціалу (ODP).

Екологічно безпечні хладони не повинні містити атомів Br чи Cl або мають руйнуватись, не досягаючи озонового шару атмосфери. Здатність до швидкого розкладу в атмосферних умовах притаманна не повністю заміщеним хлорфторвуглеводням та бромхлорфторвуглеводням. Ця властивість зумовлена наявністю в молекулах цих речовин атомів водню.

У вересні 1987 року було підписано Монреальський протокол щодо обмеження використання озоноруйнівних речовин та поступового припинення їх виробництва. Україна також приєдналася до виконання вимог Монреальського протоколу. Заходи щодо вилучення з обігу в Україні озоноруйнівних речовин передбачено «Програмою припинення в Україні виробництва та використання озоноруйнуючих речовин на 2004–2030 роки», яку затверджено Постановою Кабінету Міністрів України від 17 жовтня 1996 р. № 1274.

На сьогодні сторонами Монреальського протоколу є 184 держави, які тим самим підтвердили свої наміри вжити необхідних заходів до збереження озонового шару шляхом припинення виробництва та використання озоноруйнівних речовин.

Оцінка техніко-економічного стану в галузі виконання Монреальського протоколу здійснюється шістьма тематичними комітетами: комітетом з питань пін, комітетом з питань розчинників, комітетом з питань галонів, з економічних питань, з питань холодильної техніки та комітетом з питань аерозолів, засобів стерилізації та інших застосувань. Кожен комітет подає річний звіт із пропозиціями у своїй сфері діяльності. Технічний комітет з питань галонів (Halons Technical Opnions Committee (HTOC)) узагальнює дані й висуває пропозиції щодо заміни озоноруйнівних хладонів, які використовуються у пожежогасінні. Щорічні звіти цього комітету (HTOC Assessment Report) доступні без обмежень через http://www.teap.org мережі Internet.

Згідно з поправками до Протоколу, виробництво та споживання розвиненими країнами вищезгаданих хладонів мало бути припинене ще до 1994 р. Україна взяла на себе зобов'язання виконувати вимоги Протоколу. Згідно з визначеннями Протоколу та поправками до нього, «споживання» можна розрахувати за формулою «виробництво + імпорт – експорт» озоноруйнівних речовин. Кількість речовин, які піддаються рециркуляції та обліку, не розглядається як «виробництво». Тобто не забороняється використання наявних у

запасі та регенерованих хладонів. В окремих випадках для забезпечення критичних потреб, у тому числі для пожежогасіння, можуть надаватись окремі квоти на виробництво або імпорт. Україна не має виробництва таких речовин. Ввезення в Україну вогнегасників та зарядів, що можуть містити озоноруйнівні речовин, регулюється Постановою Кабінету Міністрів України № 393 від 30.03.98 р. та відповідними змінами та доповненнями.

У зв'язку з підписанням Монреальського протоколу хладони 13В1, 12В1 та 114В2 потрапили до переліку речовин, які мають найвищі озоноруйнівні властивості. Значення озоноруйнівного потенціалу (ODP) вказаних речовин відносно фтортрихлорметану становлять відповідно 10.0, 3.0 та 6.0. Згідно з поправками до цього протоколу виробництво розвиненими країнами таких речовин мало бути припинене ще до 01.01.1994 року, а країнами, що розвиваються,- до 2010 року. Україна не потрапила до переліку країн, що розвиваються.

Світові запаси хладону 13В1 повинні вичерпатись натуральним чином, без цільової утилізації, до 2040 року.

Оскільки Україна не має власного виробництва хладону 114В2, вона може, як і інші країни, використовувати для внутрішніх потреб лише наявні у своєму запасі або регенеровані хладони до повного їх вичерпання. З огляду на це, озоноруйнівні хладони (галони) вже не можуть закладатись у проекти новостворюваних систем газового пожежогасіння.

Протоколом рекомендовано якнайшвидше виводити з використання та утилізувати ці речовини, не допускаючи значної емісії хладонів в атмосферу.

У зв'язку з цим постала проблема розробки альтернативних ГВР, які б мали близький до нуля озоноруйнівний потенціал, не чинили шкідливого впливу на людину та навколишнє середовище, мали близькі до традиційних хладонів фізико-хімічні властивості, що забезпечило б мінімальні витрати на переобладнання існуючих систем пожежогасіння.

У початковий період розглядалась концепція повної швидкої заміни озоноруйнівних хладонів на інші речовини, що мають нульовий ODP та близькі фізико-хімічні властивості. Однак згодом з'ясувалося, що таке рішення є необґрунтованим і нереальним як у технічному, так і в економічному відношеннях. Замінники озоноруйнівних хладонів виявились важкодоступними. Дії щодо заміни озоноруйнівних хладонів в установках газового пожежогасіння та їх утилізації потребують витрат, відчутних навіть для розвинених кра-

ін. Тому від первинної концепції відійшли на користь поміркованого господарювання існуючими ресурсами галонів як у світовому масштабі, так і на рівні окремих держав.

Конкретні вимоги до ГВР та систем газового пожежогасіння наведено у міжнародному стандарті ISO 14520. У цьому стандарті викладено загальні норми щодо випробування ГВР та проектування систем газового пожежогасіння. Наводяться методики визначення мінімальної вогнегасної концентрації ($C_{мв}$) та мінімальної флегматизувальної концентрації ($C_{мф}$), що є основними характеристиками якості ГВР.

З 22.06.2015 року в Україні набув чинності «ДСТУ 3958-2015 Газові вогнегасні речовини. Номенклатура показників якості, загальні технічні вимоги та методи випробувань», яким встановлено номенклатуру показників якості ГВР, загальні технічні вимоги та методи випробування. Норми цього документа максимально наближені до вимог міжнародних стандартів.

Серед хладонів знайдено альтернативні ГВР, що належать до таких груп фторвуглеводнів: HCFC (неповністю заміщені фторхлорвуглеводні), HFC (неповністю заміщені фторвуглеводні), PFC (перфторовані вуглеводні) та FIC (йодфторвуглеводні). У таблиці 1 перелічено фторвуглеводні, що пропонуються для використання як альтернатива озоноруйнівним хладонам. У світі вже налагоджено виробництво майже всіх цих речовин та деяких інших.

Фірма «Du Pont» (США) розробила і впровадила ГВР, такі як FE-25, FE-13 та FE-24. Ці речовини є близькими за структурою і властивостями до традиційних хладонів, нетоксичними у вогнегасних концентраціях, можуть бути використані в аналогічних технічних засобах пожежогасіння, але мають вищу вартість та меншу вогнегасну ефективність. Температурний діапазон застосування установок з FE-13 становить від – 40 до +54 °С.

Компанією «ICI» (Великобританія) запропоновано використовувати бромумісні галогенвуглеводні 124B1 (CHF_2-CF_2Br) та 123B1 (CHF_2-CCl_2Br), які є дуже близькими за своїми властивостями до хладонів, що виводяться з використання. Вони є безпечними для озонового шару, менш токсичними і мають високу вогнегасну здатність. В Росії виробляють ГВР під назвою «ИГМЕР» (хладон С318 за ТУ 241 12-00101381 581-96) та хладон 125ХП за ТУ 24-043-00480689-94, які мають нульовий озоноруйнівний потенціал. Крім вказаних хладонів, перспективи має використання елегазу.

Фірмою «Great Takes Chemical» (США) здійснюється виробництво хладону 227еа під назвою FM-200. Для його виробництва використовується хладон 22, що входить до переліку речовин із помірним озоноруйнівним ефектом. Температурний діапазон зберігання ємностей вогнегасної установки становить від 0 до +54 °С, температура в об'ємі, що підлягає захисту, також не допускається нижче 0 °С. У порівнянні з хладоном 13В1, FM-200 є менш токсичним. Хоча є дані, що вплив на людину FM-200 у концентрації 0,64 % протягом 3,5 хвилин спричинив тяжкі наслідки. У США та Великобританії ця речовина вже стала однією з найбільш поширених ГВР. В деяких інших країнах використання цього хладону заборонено або обмежено.

Фірмою «Perren Fire Protection» (Великобританія) розроблено ГВР під назвою NAF, що виробляється у двох варіантах: тип P – для портативних вогнегасників, тип S – для стаціонарних установок пожежогасіння. Нова модифікація цієї речовини – NAF-S-III (HCFC Blend A) - є ще більш ефективною й безпечною. NAF та особливо його модифікація NAF-S-III під час контакту з полум'ям або розжареними поверхнями утворюють меншу кількість токсичних продуктів порівняно із традиційними хладонами. Для використання альтернативних хладонів у вогнегасниках розроблено зріджені сполуки NAF P-IV (HCFC Blend E), що містить HCFC-123 (90 % мас.), HFC-125 (8 % мас.), ізопропеніл-1-циклогексан (2 % мас.) та Halotron I (HCFC Blend B), що містить HCFC-123 (>96 % мас.), CF4 (<4 % мас.), аргон (<4 % мас.).

Високу вогнегасну здатність мають перфторовані вуглеводні, що характеризуються нульовим озонруйнівним потенціалом та є нешкідливими для здоров'я людини. На основі таких речовин компанією «3М» виробляються заряди CEA-410 (перфторбутан) та CEA-614 (перфторгексан). EA-410 добре сумісний з металами, пластмасами, еластомерами та може бути використаний в існуючому обладнанні. Єдиний його недолік у порівнянні з хладонами – майже удвічі більша витрата речовини для досягнення однакового ефекту гасіння.

Компанією «3М» виробляється газова вогнегасна речовина «Novac 1230». На перший погляд, ця речовина схожа на просту воду. Сполука побудована на основі шестивуглецевих молекул і відноситься до фторованих кетонів. Це речовина зі слабкими молекулярними зв'язками, поглинає тепло набагато краще води і має температуру кипіння всього +49 °С. Для випаровування «Novac 1230» потрібно в 25 разів менше енергії, ніж для води. «Novac 1230» не проводить електричний струм і має нижчу вогнегасну концентрацію (4,2 %) порівняно із хладонами. Гасіння здійснюється за рахунок

комбінації фізичних і хімічних властивостей. Вогнегасний механізм більшою мірою (70 %) оснований на ефекті охолодження і хімічній реакції (інгібування) гасіння полум'я (30 %). При зарядженні речовина заливається як рідина, а потім створюється надлишковий тиск азотом до робочого 24,8 бар.

Таблиця 2.4 – Основні показники вогнегасної речовини «Novac 1230»

Показник	**Значення**
Озоноруйнуючий потенціал	0
Глобальний потенціал потепління	1
Час збереження в атмосфері	3–5 днів
Вогнегасна концентрація	4,2 %
NOAEL	10 %
Хімічна формула	$CF_3CF_2C(O)CF(CF_3)_2$

Для забезпечення надійності пожежогасіння глибоко резервованих систем наведемо матеріали (еластомери, термопласти), що сумісні з хладонами (табл. 2.5).

Таблиця 2.5 – Матеріали, що сумісні з хладонами

№	**Матеріали**	**Хімічне скорочення**	**Хладон 125 (сумісний)**	**Хладон 227 (сумісний)**
	Еластомери:			
1	Хлорбутадієнова гума	CR	+	+
2	Гідратпербутан	HNBR	+	0
3	Природний каучук	NR	+	+
4	Бутилова гума	IRR	+	+
5	Фторована гума	FPM	-	-
6	Сополімер бутадієну і акрилонітрилу	NBR	+	+
7	Етиленпро-каучук	ЕРДМ	+	+
8	Термопласти:			
9	Політетрафторетилен	PTFE	0	+
10	Поліетилен високої щільності	НДРЕ	+	0
11	Поліециталь	POM	0	+
12	Сульфід поліфенілену	PPS	+	*
13	Поліестрове волокно	PET	+	*
14	Полівінілхлорид	PVC	+	+
15	Поліамід	PA	+	+
16	Поліпропілен	PP	0	+
17	Полістирол	PS	0	*

+ – сумісний; 0- граничний стан; – не сумісний; * – немає даних

Поставки вогнегасних хладонів в Україну показують, що сегмент застосування хладону 125 становить близько 90 %, а хладону 227еа – 10 %, що багато в чому обумовлено співвідношенням цін.

Одним із важливих недоліків більшості ГВР на основі галогенвуглеводнів є здатність утворювати під час взаємодії з полум'ям або контакту з розжареною поверхнею надзвичайно шкідливі побічні продукти термічного розкладання (Br_2, $C1_2$, $COCl_2$, COF_2, $COBr_2$, CO_2, CO), а за наявності вологи – HF, HCl та HBr. Основним і найнебезпечнішим серед них є *фтороводень* (FH) – дуже корозійно активний та їдкий газ. Концентрація HF під час застосування альтернативних хладонів у 2–10 разів вища, ніж у разі використання хладону 13В1, і кількість утвореного HF зростає зі збільшенням розміру осередка, зростанням тривалості гасіння, та зменшенням концентрації вказаної ГВР.

Таблиця 2.6 – Результати досліджень термічної деструкції хладонів за даними Kidde International

ГВР	**$C_{мв}$, % об.**	**Концентрація ГВР, % об.**	**Тривалість подавання ГВР, с**	**Тривалість гасіння, с**	**Концентраційний пік HF, млн$^{-1}$**
Хладон 13В1	3,2	2,9	нема даних	13	1900
		4,8	нема даних	8,0	50
FE-25	8,1	9,9	4,1	10,0	4800
		11,0	нема даних	8	4000
CEA-614	4,0	5,0	2,8	6,5	3500
		3,3	нема даних	39	29000
FE- 1 3	12	12,7	5,3	11,0	S400
FM-200	5,8	7,1	3,0	5,5	4100
FE-36	5,3	6,0	2,2	7,0	6400
CEA-410	5,9	6,2	3,0	6,0	3700
Triodide	3,0	2,3	2,3	7,0	1000

Спираючись на наведені дані, можна дійти висновків, що зі зменшенням концентрації окремої ГВР зростає тривалість гасіння, і відповідно, збільшується кількість HF, що утворюється внаслідок термічного розкладання хладону, а в разі використання хладонів, що характеризуються значно нижчими значеннями $C_{мв}$ і є більш ефективними для пожежогасіння, необхідна менша тривалість га-

сіння й утворюється менша кількість HF. В цілому хладони мають такі характеристики:

1. Всі хладони не проводять електричний струм.

2. Всі хладони є газоподібними або швидко випаровуються за звичайних умов, не утворюючи залишків.

3. Всі хладони легко зріджуються і можуть зберігатись під тиском у зрідженому стані.

4. Всі хладони можуть зберігатись і використовуватись у системах пожежогасіння, подібних до систем, у яких використовуються озоноруйнівні хладони.

5. Всі хладони (за винятком HIFC-23) повинні застосовуватись з азотом, за допомогою якого створюється тиск в установці пожежогасіння, необхідний для випускання зрідженої ГВР.

6. Після випускання ГВР з установки пожежогасіння всі хладони, окрім суміші HCFC BlendA, знаходяться в газоподібному стані або у стані рідини, що швидко випаровується.

7. Всі альтернативні ГВР (за винятком FIC-13I1) утворюють більше шкідливих продуктів термічного розкладання (головним чином, фтороводню), ніж озоноруйнівні хладони, за тих самих умов використання (розмір і тип пожежі, тривалість подавання ГВР).

8. Всі альтернативні хладони (за винятком FIC-13I1) мають меншу вогнегасну ефективність, ніж озоноруйнівні хладони. Це призводить до збільшення запасу ГВР, необхідного для досягнення такого самого ефекту.

Альтернативні ГВР на основі галогенвуглеводнів значно різняться за показниками впливу на навколишнє природне середовище, за токсикологічними характеристиками, вартістю речовини, об’ємом і масою вогнегасного запасу, необхідними для захисту одного й того ж об’єкта. Головними факторами, що впливають на вибір альтернативного хладону, з метою чинення найменшого екологічного впливу, є *потенціал озоноруйнівної дії ODP* (Ozone Depletion Potential), *потенціал глобального потепління GWP* (Global Warming Potential) та *тривалість існування в атмосфері ALT* (Atmospheric LifeTime). В таблиці 2.8 наведено значення цих показників за даними UNEP Ozone Secretariat. Використання деяких фторвуглеводнів, зокрема групи PFC, завдяки їх великій тривалості існування в атмосфері та високому GWP, містить у собі потенціальний ризик порушення атмосферної рівноваги.

Таблиця 2.7 – Вогнегасні характеристики хладонів та деякі характеристики хладонових систем пожежогасіння

Назва ГВР	**Торговельна назва та позначення**	**$C_{мв}$ (н-гептан), % об.[1)]**	**$C_{нв}$, % об.[2)]**	**Нормативна тривалість подавання, с**	**$C_{мф}$ (метан), % об.[3)]**	**Тиск у ємностях, МПа**	**Максимальна щільність заповнення ємності, кг/м³**
галон 1301	хладон 13В1	3,2	3,8	10	4,5	від 24 до 42	1082
галон 1211	хладон 12В1	4,3	5,2	10	н.д.	н.д.	н.д.
галон 2402	хладон 114В2	1,9	2,3	10	н.д.	н.д.	н.д.
HCFC-124	хладон 124; PE24	6,7	8,0	10	н.д.	13,4	1140
HFC-125	хладон 125; FE 25	8,1	9,7	10	н.д.	25	831
HFC-23	хладон 23; FE 13	12,0	14,4	10	20,2	42	860
HFC-227ca	хладон 227ca; FM-200	6,6	7,9	10	8,0	25	1150
HCFC BlendA	NAF-S-III	9,9	11,9	10	18,3	25	900
HFC-236fa	хладон 236fa; FE 36	5,3	6,4	10	н.д.	25	1200
FC-2-1-8	CEA308	7,3	8,8	10	8,9	25	1680
FC-3-1-10	CEA410	5,9	7,1	10	7,8	25	1280
FC-5-1-14	CEA614	4,0	4,8	10	н.д.	25	1520
FIC-1311	Triodide; CF_3I	3,0	4,3	10	6,5	25	900

1) Мінімальна вогнегасна концентрація для гасіння н-гептану.
2) Визначається множенням $C_{мв}$ на коефіцієнт безпеки 1,2.
3) Мінімальна флегматизувальна концентрація для сумішей повітря з метаном,
н.д. – нема даних.

Міжнародні домовленості та дії урядів окремих високорозвинених країн у майбутньому можуть вплинути на застосування запропонованих альтернативних ГВР. Нижче наведено такі приклади:

1. Планується ГВР групи HCFC (HCFC-124, HCFC BlendA) вивести з використання та виробництва у 2020-2030 роках у розвинених країнах та у 2040 році у країнах, що розвиваються.

2. На сьогодні в Європейському союзі діють обмеження на використання у пожежогасінні ГВР, які належать до групи HCFC.

3. Кіотським протоколом 1997 року речовини груп HFC та PFC (HFC-227ea, HFC-236fa, FC-3-1-10, FC-5-1-14), поряд із SF_6, діоксидом

вуглецю, метаном, оксидами азоту включено до переліку газів, що негативно впливають на навколишнє природне середовище, і обсяги їх викидів в атмосферу розвиненими країнами має бути скорочено.

4. У Сполучених Штатах дозволяється використовувати речовини групи PFC (FC-3-1-10, FC-5-1 -14) тільки у випадках, коли інші ГВР або інженерні рішення є неприйнятними.

Таблиця 2.8 – Екологічні та токсикологічні характеристики ГВР на основі хладонів

Назва ГВР	**ООР**	**GWP**	**ALT, роки**	**NOAEL, % об.**	**LOAEL, % об.**
галон 1301	13,2	6900	65	5	7,5
галон 1211	3,0	нема даних	нема даних	нема даних	нема д аних
галон 2402	6,0	нема даних	нема даних	нема даних	нема даних
HCFC-124	0,02	620	6,1	1	2,5
HFC-125	0	3800	32,6	7,5	10
HFC-23	0	14800	243	50	50
HFC-227ca	0	3800	36,5	9	10,5
HCFC BlendA HCFC-22 HCFC-124 HCFC-123	0,05 0,02 0,02	1900 620 120	11,8 6,1 1,4	10	10
HFC-236 fa	0	9400	226	10	15
FC-2-1-8	0	8600	2600	30	30
FC-3-1-10	0	8600	2600	40	40
FC-5-1-14	0	нема даних	нема даних	18	18
FIC-1311	0,0001	<1	0,005	0,2	0,4

Також у таблиці 2.8 наведено дані щодо NOAEL (No Observed Adverse Effect Level) та LOAEL (Lowest Observed Adverse Effect Level).

NOAEL – це концентрація, за якої в умовах спеціальних тестів не спостерігається шкідливий вплив на людину.

LOAEL – найменша концентрація, за якої в умовах спеціальних тестів спостерігається шкідливий вплив на людину. Для фторвуглеводнів остання концентрація визначається здебільшого впливом парів речовини на кардіосистему людини. Деякі з альтернативних хладонів, зокрема HFC-23 та FC-3-1-10, мають дуже незначну кардіотоксичність.

Історично склалось так, що замінники озононебезпечних хладонів, як правило, не використовувались для цілей пожежогасіння у концентраціях, що перевищують рівень NOAEL. Використання у

приміщеннях із людьми альтернативних хладонів у концентраціях від рівня NOAEL до рівня LOAEL дозволяється лише за умов наявності відповідної сигналізації та можливості організації швидкої евакуації людей. Сучасні дослідження довели, що в таких випадках можливе також застосування хладонів у концентраціях, які перевищують рівень LOAEL.

2.3.2 Інертні розріджувачі

Розвиток екологічно чистих виробництв, жорсткість міжнародних стандартів з безпеки життєдіяльності людини відкривають великі можливості що до впровадження вогнегасних газових складів – як традиційних інертних розріджувачів, так і інгібіторів нового покоління. Багатьох вказаних вище недоліків позбавлена інша група ГВР – *інертні розріджувачі*. Представниками цих ГВР є діоксид вуглецю, азот, аргон та їх суміші. Ці речовини є нетоксичними, не утворюють токсичних продуктів термічного розкладання, не руйнують озонового шару та є більш доступними і дешевими.

Найбільш поширеним інертним розріджувачем є вуглекислий газ (діоксид вуглецю, CO_2). Він був однією з перших ГВР, яка запропонована для гасіння пожеж. У рідкому стані за кімнатної температури CO_2 може знаходитись під тиском 5860 кПа своїх парів (газової фази). За різкого падіння тиску (при виході з вогнегасників або балонів АСГП у повітря) рідка фаза вуглекислого газу переходить у твердий стан (вуглекислотний сніг), а потім (за кімнатних умов) вуглекислотний сніг швидко переходить у газоподібний стан. CO_2 використовують як у АСГП із балонами високого тиску, так і в установках з ізотермічними ємностями (безбалонне зберігання), де CO_2 зберігається у зрідженому стані за низького тиску (1400-1900 кПа) за температури близько -20 °С.

Фахівцями скандинавських країн для заміни хладонів було запропоновано речовину під назвою «Inergen», яка містить 52 % азоту, 40 % аргону та 8 % CO_2 і є екологічно безпечною. В разі спрацювання установок, заряджених цим газом або іншим інертним розріджувачем, вміст кисню в повітрі знижується з 21 % до 13-12 %, і тим самим ліквідується пожежа. Наявність CO_2 у складі «Inergen» стимулює поглиблене дихання, що дозволяє людині вижити навіть за концентрації кисню в повітрі 12 %. Зараз «Inergen» набув популярності в Німеччині, Австрії та країнах Скандинавії.

У випадках, коли є небезпека утворення вибухових нітридних сполук під час гасіння такими ГВР, які містять азот, використовують

інертні розріджувачі, до складу яких азот не входить, наприклад на основі аргону.

Таблиця 2.9 – Характеристики інертних розріджувачів та систем пожежогасіння

Назва ГВР	**IG-541**	**IG-55**	**IG-01**	**IG-100**	**Діоксид вуглецю**
Торговельна назва ГВР	Inergen	Argonile	Argotec	NN100	CO_2
Хімічний склад, % об. Азот (N_2), Аргон (Ar), Діоксид вуглецю (CO_2)	52 40 8	50 50 0	0 100 0	100 0 0	00 100
Молярна маса, г/моль	34,0	34,0	39,9	28,0	44,0
Температура кипіння, °С[1)]	-196,0	-196,0	-185,9	-195,8	-78,5
Питомий об'єм газу при 20 °С і 101,3 кПа, м^3/кг[2)]	0,697	0,708	0,602	0,858	0,54
$C_{мв}$ (н-гептан), % об	29,1	32,2	37,5	33,6	21,0
$C_{нв}$, % об	34,9	36,8	45,0	40,3	35,7
$C_{мф}$ (метан), % об.	43,0	нема даних	55,8	37,9	нема даних
Нормативна флегматизувальна концентрація, % об.	47,3	нема даних	61,4	41,7	нема даних
Концентрація ГВР, за якої досягається концентрація кисню 12 % (NOAEL[3)])	42,8 % об.				
Концентрація ГВР, за якої досягається концентрація кисню 10 +% (LOAEL [4)])	52,3 % об.				

1) Мінімальна вогнегасна концентрація для гасіння н-гептану.
2) Визначається множенням значення $C_{мв}$ на коефіцієнт безпеки 1,2; для діоксиду вуглецю – множенням на коефіцієнт безпеки 1,7.
3) Для ГВР, крім діоксиду вуглецю, ця концентрація відповідає NOAEL.
4) Для ГВР, крім діоксиду вуглецю, ця концентрація відповідає LOAEL.
Для діоксиду вуглецю концентрація, що відповідає LOAEL, становить 5 % об.

У багатьох випадках гасіння відбувається вже за зниження вмісту кисню нижче 15 %. В разі використання інертних розріджувачів у приміщеннях із людьми концентрація кисню повинна бути не менше 10–12 %, а концентрація діоксиду вуглецю – не більше 5 % об. Для ефективного гасіння тліючих матеріалів та речовин, що характеризуються широкими концентраційними межами поширення полум'я; концентрація кисню не повинна перевищувати 5 %. Використання інертних розріджувачів у цих випадках є малоефективним.

Порівнюючи характеристики інертних розріджувачів та хладонів, можна зробити такі висновки:

1. Інертні розріджувачі у своїй переважній більшості зберігаються під високим тиском; для їх застосування необхідна більша розрахункова маса, а отже потрібно використовувати спеціальні ємкості, розраховані на відповідний тиск.

2. У системах з інертними розріджувачами використовують пристрої для зниження тиску (редуктори), що розташовуються біля розподільчого трубопроводу. Отже, знижуються вимоги до товщини стінок трубопроводу та розв'язуються проблеми, що пов'язані з високим тиском.

3. Інертні розріджувачі не зазнають термічного розкладання і тому не утворюють шкідливих побічних продуктів.

4. Що стосується фізіологічного впливу, то основною проблемою під час застосування інертних розріджувачів у приміщеннях із людьми є значне зниження концентрації кисню. До деяких інертних розріджувачів вводять обмежену добавку діоксиду вуглецю, що стимулює поглиблене дихання.

Деякі порівняльні характеристики систем газового пожежогасіння наведено в таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 – Питомі витрати ГВР у системах газового пожежогасіння

Назва ГВР	**Питомий об'єм при 20 °С і 101,3 кПа, м³/кг**	**Нормативна концентрація, % об.**	$M_{ГВР}$, **кг/м³**	$M_{ГВР}/M_{Хл.13В1}$
Хладон 13В1	0,1613	3,8	0,24	1
Хладон 114В2	0,0917	2,9	0,33	1,4
HCFC-124	0,1708	8,0	0,51	2,1
MFC- 125	0,1971	9,7	0,55	2,3
HFC-23	0,3409	14,4	0,48	2,0
HFC-227ea	0,1373	7,9	0,62	2,6
HCFC BlendA	0,259	11,9	0,52	2,2
HFC-236 fa	0,1528	6,4	0,45	1,9
FC-2-1-8	0,114	8,8	0,85	3,5
FC-3-1-10	0,186	7,1	0,41	1,7
FC-5-1-14	0,066	4,8	0,75	3,1
FIC-13I1	0,1238	3,6	0,30	1,3
Хладон С318	0,1190	7,5	0,68	2,8
SF6	0,1545	10,0	0,72	3,0
Діоксид вуглецю	0,532	35,7	0,82	3,4

Крім наведених вище газів, в Україні сертифікований газ FM-200 у складі установки КД-200. Поряд із високою ефективністю вказаної вогнегасної речовини (об'ємна вогнегасна концентрація -7 % об.), вона має ряд недоліків.

Перспективною ГВР, безпечною за впливом на людину й озоновий шар Землі, слід вважати INERGEN (більш безпечний, ніж азот або аргон): безпечна кількість CO_2, що входить до його складу, викликає у людини ефект мимовільної гіпервентиляції легень. При вмісті в повітрі CO_2 у кількості 3 % дихання прискорюється у два рази, що сигналізує про небезпеку і дозволяє зберегти життєдіяльність за недостатності кисню.

Вогнегасна речовина INERGEN являє собою суміш трьох газів, яка містить 52 % азоту, 40 % аргону і 8 % діоксиду вуглецю. Інерген не впливає на вміст озону в атмосфері, не залишає хімічних похідних, є нетоксичним у будь-яких концентраціях. Речовина INERGEN забезпечує гасіння шляхом зниження концентрації кисню нижче рівня, що підтримує горіння. Під час подачі цієї ГВР утворюється суміш газів, що дозволяє людині, яка перебуває у приміщенні, нормально дихати. Вказана ГВР знижує концентрацію кисню до 12,5 %, одночасно збільшуючи вміст двоокису вуглецю до 4 %. Збільшення вмісту двоокису вуглецю приводить до того, що зростає здатність організму поглинати кисень. Двоокис вуглецю стимулює більш глибокий і швидкий подих для компенсації низького вмісту кисню в атмосфері.

Основна система складається з вогнегасного агента, що зберігається у сталевих балонах високої міцності. Для подачі вказаної ГВР в небезпечну зону використовуються різні типи приводних пристроїв, як ручних, так і автоматичних. Вогнегасна речовина подається в зону гасіння через мережу трубопроводу. Тиск заправлення балона становить 15000 кПа при 21 °С.

Застосування азоту для гасіння пожеж визначається особливостями технологічного процесу виробництва, умовами поширення пожежі, властивостями горючих речовин і матеріалів, які є в обігу у виробництві, а також умовами, що виключають можливість використання для гасіння інших вогнегасних речовин.

2.4 Запірно-пускові пристрої АСГП

Конструкція АСГП повинна забезпечити як надійне зберігання ГВР у ємностях протягом тривалого часу, часто в умовах сезонного коливання температури, так і безвідмовний випуск ГВР при спра-

цюванні системи виявлення пожежі. Для цього використовують головки автоматичного випуску заряду різної конструкції.

2.4.1 Головка автоматична для випуску заряду ГАВЗ

Запірна головка ГАВЗ (рис. 2.1) призначена для випуску заряду вогнегасної речовини (ГВР) за командою від автоматичної або дистанційної системи пуску.

У черговому режимі вихід ГВР із робочого балона перекритий запірною мембраною *2*, притиснутою до плоскої поверхні корпуса гайкою *3*. Над мембраною встановлено пустотілу фрезу *4* з поршневим приводом *5*.

Для включення головки й випуску ГВР у порожнину «А» над поршнем подається стиснений газ (повітря) з пускового балона. Зусиллям стисненого газу поршень *5* разом із фрезою переміщається донизу. Нижнім загостреним кінцем фреза прорізає мембрану *2*, і ГВР по сифонній трубці *8* через пустотілу фрезу надходить у газовий колектор через штуцер *6*. У момент проколювання мембрани фрезою гази ГВР можуть прорватися в порожнину під поршнем «Б». За рівних тисків у порожнинах «А» і «Б» рух поршня припиниться й поршень виявиться замкненим, а мембрана розкритою не до кінця. Для запобігання запиранню поршня порожнина «Б» сполучається з атмосферою через свердління в корпусі. Головка розрахована на однократну дію. Після пуску відбувається повний випуск ГВР.

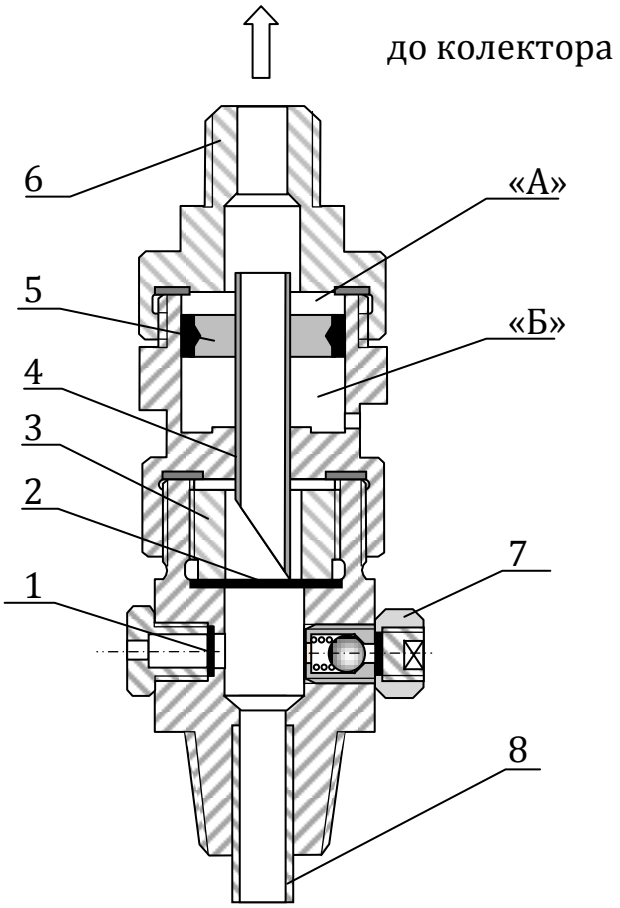


Рис. 2.1 – Головка випуску заряду ГАВЗ:

1 – мембрана запобіжна; 2 – мембрана запірна; 3 – гайка; 4 – фреза; 5 – поршень привода фрези; 6 – штуцер випуску ГВР; 7 – штуцер зарядження; 8 – сифонна трубка

Головка ГАВЗ має запобіжну мембрану *1*, розраховану на граничний тиск 23-24 МПа. Якщо з якоїсь причини тиск у балоні перевищить граничне значення, то запобіжна мембрана зруйнується й забезпечить скидання ГВР у несправному балоні. Цим попереджається помилкове спрацьовування інших балонів, об'єднаних в одну батарею.

Для приведення головки до вихідного стану необхідна заміна запірної (запобіжної) мембрани та фрези в заводських умовах.

Для зарядження балона передбачений штуцер *7* з кульковим зворотним клапаном.

Контроль робочого тиску балона здійснюється за показниками манометра, установленого на спеціально передбачене місце в головці.

2.4.2 Головка автоматична для випуску заряду Т501

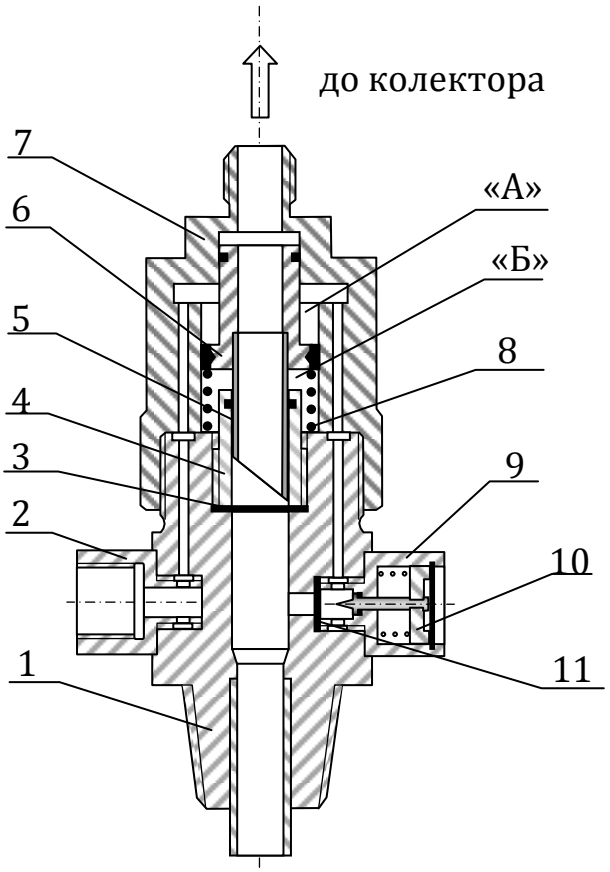


Рис. 2.2 – Головка випуску заряду Т501:

1 – корпус головки; 2 – штуцер пуску; 3 – мембрана запірна; 4 – гайка; 5 – фреза; 6 – поршень привода фрези; 7 – кришка корпуса; 8 – пружина; 9 – механізм ручного пуску; 10 – поршень; 11 - мембрана

Запірна головка Т501 (рис. 2.2) призначена для випуску заряду ГВР за командою від автоматичної, дистанційної або ручної системи пуску.

У черговому режимі вихід ГВР із робочого балона перекритий запірною мембраною *3*, притиснутою до плоскої поверхні корпуса гайкою *4*. Над мембраною встановлено пустотілу фрезу *5* з поршневим приводом *6*. Пружина *8* утримує поршень *6* у крайньому верхньому положенні й виключає можливість зіткнення та випадкового ушкодження фрези або запірної мембрани під час транспортування балона.

Для автоматичного включення до головки подається стиснене повітря (газ) з пускового балона (піропатрона) через штуцер пуску *2*.

Стиснене повітря по вертикальному каналу надходить у порожнину «А» над поршнем *6*. Зусиллям стисненого повітря поршень *6* разом із фрезою *5* переміщається донизу. Нижнім загостреним кінцем фреза прорізає мембрану, й ГВР по сифонній трубці через пустотілу фрезу надходить у газовий колектор через штуцер кришки корпуса *7*.

У головці передбачений механізм ручного пуску *9*. Якщо натиснути на гумовий захисний ковпачок механізму, то поршень *10* переміститься із установленою на ньому голкою. Голка проколить мембрану *11*, високий тиск із робочого балона надійде в порожнину «А» поршневого механізму *6,* і відбудеться пуск головки.

Головка розрахована на однократну дію. Після пуску відбувається повний випуск ГВР. Для приведення головки до вихідного стану необхідна заміна запірної мембрани (мембрани ручного пуску) і фрези в заводських умовах.

Для зарядження балона передбачений штуцер із кульковим зворотним клапаном.

Контроль робочого тиску балона здійснюється за показниками манометра, установленого на спеціально передбаченому місці в головці.

2.4.3 Головка-затвор ГЗСМ

Запірна головка ГЗСМ (рис. 2.3) призначена для випуску заряду ГВР за командою від автоматичної, дистанційної або ручної системи пуску.

У черговому режимі вихід ГВР із робочого балона перекритий запірним клапаном *1*, що блокується в закритому положенні механічним запірним пристроєм. Запірний пристрій включає коромисло *7*, натяжний гвинт *6* і засувку *5*, яка одночасно виконує функцію

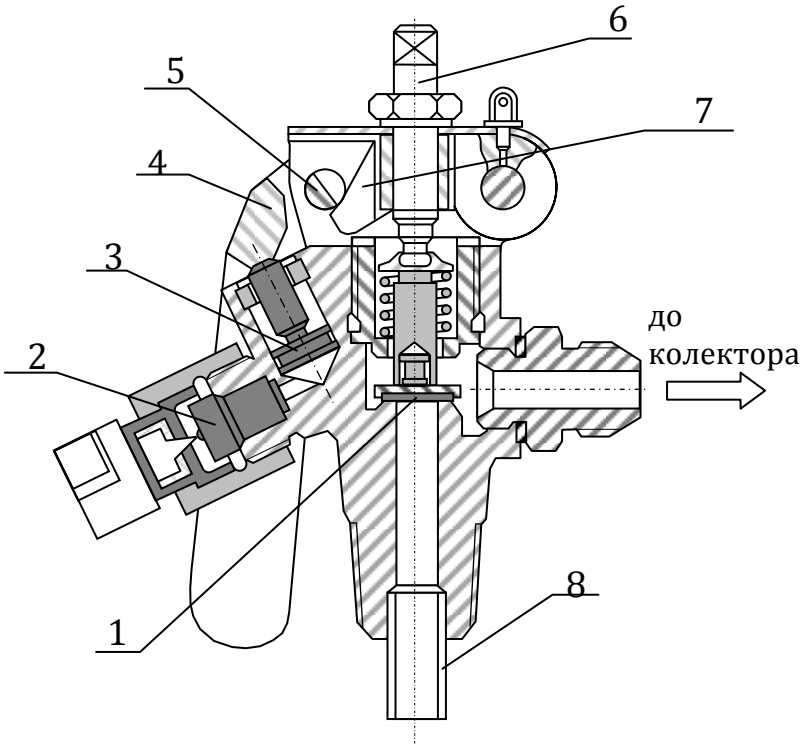


Рис. 2.3- Головка - затвор ГЗСМ

1 – клапан запірний; 2 – піропатрон; 3 – поршень; 4 – важіль поворотний; 5 – засувка; 6 – гвинт натяжний; 7 – коромисло; 8 – трубка сифонна

осі важеля *4*. Коромисло фіксується від повороту засувкою *5*. Гвинт *6* укручується в коромисло *7* і забезпечує гарантоване зусилля закриття клапана *1*.

Для включення головки й випуску ГВР необхідно повернути нагору важіль *4*. Одночасно з поворотом важеля провертається засувка *5* і звільняє коромисло *7*. Під дією надлишкового тиску робочого балона запірний клапан *1* переміщається й відкриває доступ ГВР до газового колектора.

Поворот важеля *4* і включення головки ГЗСМ може здійснюватися вручну або автоматично. Для автоматичного пуску використовується механічна або пневматична спонукальна система. У першому випадку поворот важеля *4* здійснюється тросовою механічною спонукальною системою. А у другому випадку під поршень *3* подається тиск від піропатрона *2* або від пневматичного пускового балона.

Головка розрахована на однократну дію. Після пуску відбувається повний випуск ГВР. При заправленні балона коромисло встановлюється на засувку, а натяжний гвинт відпускається. Під дією зусилля пружини запірний клапан перебуває у відкритому положенні. Після закінчення заряджання натяжний гвинт закручується із заданим зусиллям.

Контроль робочого тиску балона здійснюється за показниками манометра, установленого на спеціально передбачене місце в головці.

2.4.4 Головка запірна клапанного типу

Аналіз показує, що практично у всіх нових АСГП з електричним пуском замість піропатронів стали застосовуватися електромагнітні клапани. Застосування в запірно-пускових пристроях (ЗПП) електромагнітних клапанів значно полегшує експлуатацію АСГП. Крім того, такі пристрої мають можливість і пневматичного пуску. У цьому випадку замість електромагнітного клапана встановлюють пристрій пневматичного пуску без зміни конструкції ЗПП в цілому. Такі АСГП мають можливість здійснювати комбінований пуск: відкриття ЗПП першого модуля проводиться від спрацювання електромагнітного клапана, а всіх інших - за допомогою пневматичного пуску, що значно знижує енергоспоживання електронних блоків пуску.

Запірна головка клапанного типу (рис. 2.4) призначена для випуску заряду вогнегасної речовини (ГВР) за командою від автоматичної або дистанційної системи пуску.

У черговому режимі вихід ГВР із робочого балона перекритий запірним клапаном *2*. Запірний клапан блокується в закритому по-

ложенні шляхом подачі через жиклер *6* високого тиску з робочого балона в керовану порожнину «А». Спонукальний клапан *3* закритий. Зусиллям тиску та пружини *5* запірний клапан *2* притиснутий до сідла й перекриває канал випуску ГВР у газовий колектор.

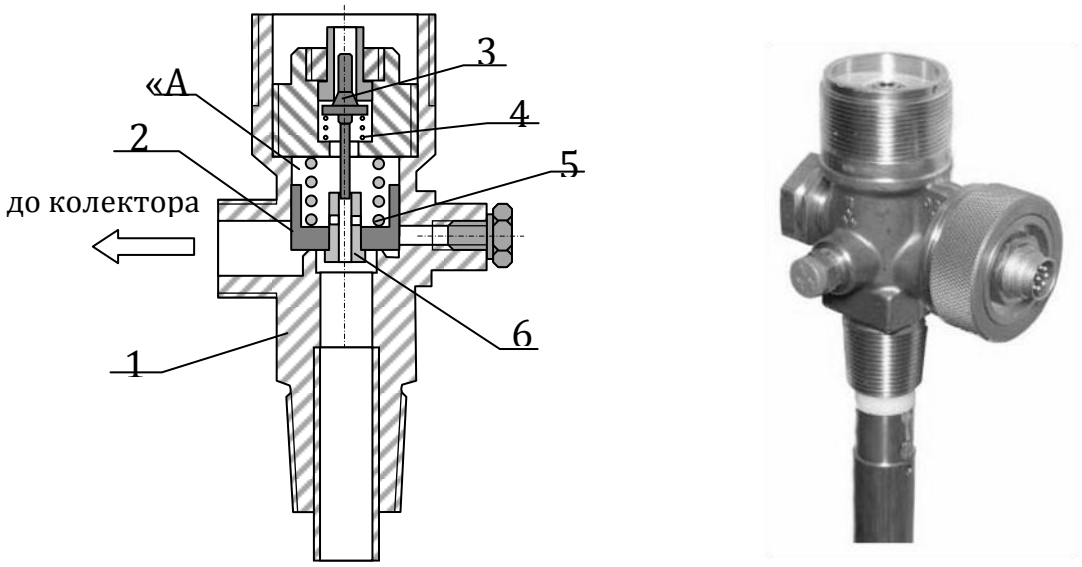


Рис. 2.4 – Головка запірна клапанного типу:

1 – корпус; 2 – клапан запірний; 3 – клапан спонукальний; 4 – пружина; 5 – пружина; 6 – жиклер

Для включення головки й випуску ГВР необхідно натиснути на спонукальний клапан *3* вниз до упору. Порожнина «А» з'єднується з атмосферою, й тиск у ній зменшується. Під дією зусилля високого тиску робочого балона запірний клапан переміщається нагору до упору й відкриває канал випуску ГВР і канал пневматичного запуску сусіднього запірного пристрою. У крайньому верхньому положенні запірного клапана *2* нижній торець спонукального клапана *3* перекриває отвір жиклера *6*, і підживлення керованої порожнини «А» високим тиском припиняється. Зусиллям високого тиску запірний клапан утримується у крайнім верхнім положенні. У міру випуску ГВР тиск у робочому балоні зменшується, й коли зусилля тиску стане менше зусилля пружини *5*, клапан *2* закривається. У балоні залишиться невипущений залишок ГВР.

Головка розрахована на багаторазову дію. Запірний клапан *2* можна закрити в будь-який момент випуску заряду, якщо відпустити спонукальний клапан *3*. Під дією пружини *4* спонукальний клапан підніметься нагору й верхнім паском закриє сполучення керо-

ваної порожнини з атмосферою, а нижнім торцем відкриє підведення високого тиску через жиклер *6* у керовану порожнину «А». Під впливом зусилля високого тиску в порожнині «А» і пружини *5* запірний клапан закриється і випуск заряду припиниться.

Включення головки може здійснюватися механічним, пневматичним або електричним пристроєм, що навертається на верхню різьбову ділянку корпуса *1* головки.

Під час зарядження балона необхідно натиснути спонукальний клапан. Однак при цьому запірний клапан залишиться закритим, оскільки зусилля тиску в балоні недостатньо, щоб перебороти зусилля пружини. При підключенні насосної станції запірний клапан відтискається високим тиском і утримується у верхньому положенні тиском газу (рідини) до повного зарядження. Після закінчення зарядження спонукальний клапан *3* відпускається й запірний клапан закривається.

Контроль робочого тиску балона здійснюється за показниками манометра або ємнісного датчика рівня, установлюваного замість сифонної трубки.

2.4.5 Головка запірна клапанного типу NOVEC 1230

Рис. 2.5 – Головка запірна клапанного типу NOVEC 1230

За аналогічним принципом працює головка клапанного типу в системі газового пожежогасіння NOVEC 1230 (рис. 2.5) Ці головки випускають із діаметром вихідного отвору 20 та 50 мм, що забезпечує час виходу вогнегасної речовини до 10 сек.

2.4.6 Головка запірна модулів «Імпульс»

Модулі типів «Імпульс-2», «Імпульс-20», «Імпульс-2-Т», «Імпульс-20-Т» складаються з балона, запірно-пускового пристрою (ЗПП), кріпильного болта, кронштейна кріплення, рукава високого тиску (для модулів з індексом «Т»), насадка.

ЗПП складається з наступних елементів: розпилювача (призначений для рівномірного розпилення ГВР в об’ємі, що підлягає захисту); піротехнічного пускача (призначений для руйнування термочутливої колби при подачі електричного сигналу з ППКП).

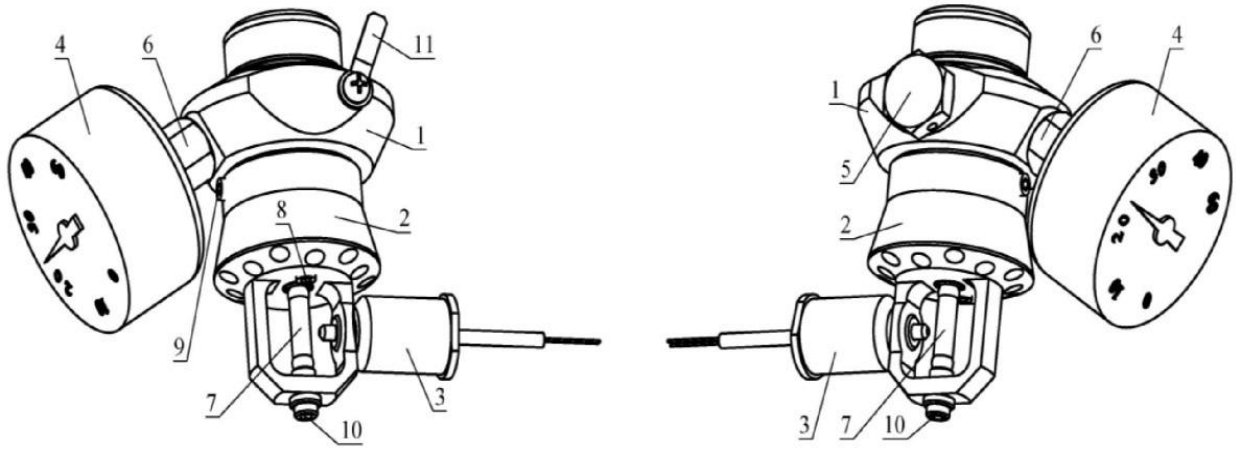


Рис. 2.6 – Запірно-пусковий пристрій (ЗПП) для модулів типу «Імпульс-2», «Імпульс-20»:

1 – корпус; 2 – розпилювач; 3 – піротехнічний пускач; 4 – манометр із вбудованим реле тиску; 5 – запобіжний пристрій мембранного типу; 6 – перехідник манометра зі зворотним клапаном; 7 – термочутлива колба; 8 – транспортний гвинт; 9 – гвинт; 10 – підтискний гвинт колби; 11 – клема заземлення

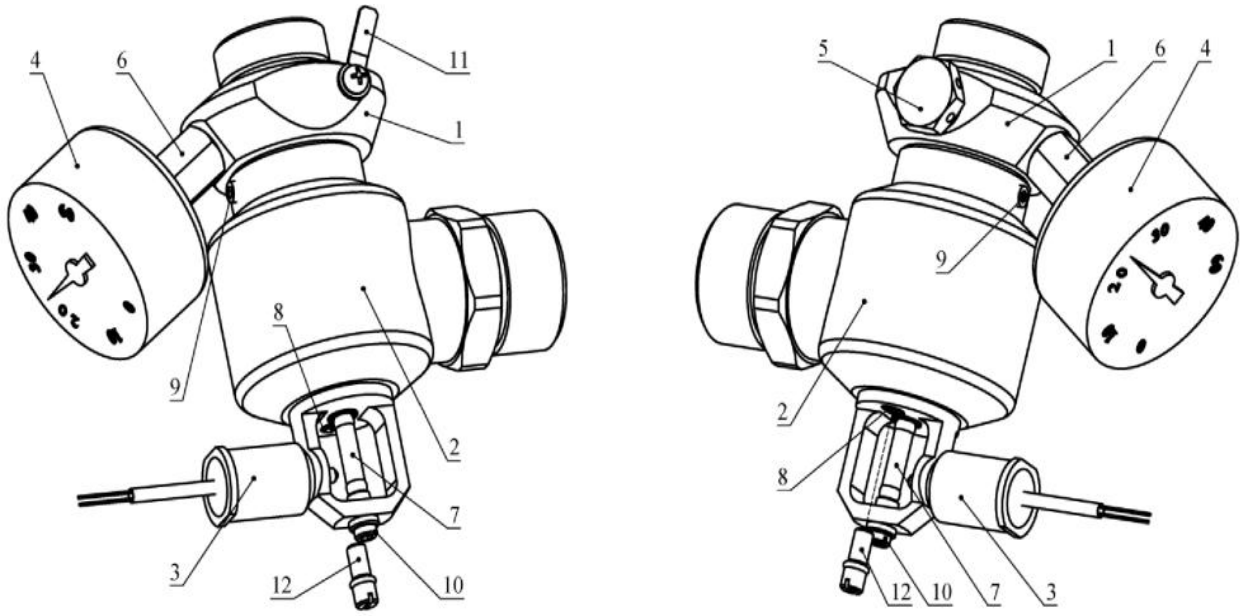


Рис. 2.7 – ЗПП для модулів типу «Імпульс-2-Т», «Імпульс-20-Т»:

1 – корпус; 2 – корпус випускного патрубка ЗПП; 3 – піротехнічний пускач; 4 – манометр із вбудованим реле тиску; 5 – запобіжний пристрій мембранного типу; 6 – перехідник манометра із зворотним клапаном; 7 – термочутлива колба; 8 – транспортний гвинт; 9 – гвинт; 10 – підтискний гвинт колби; 11 – клема заземлення; 12 – заглушка транспортного гвинта

Піротехнічний пускач (рис. 2.8) є пристроєм одноразової дії й після спрацьовування підлягає заміні. Термін служби піротехнічно-

го пускача – 2 роки з дати виробництва (вказана на етикетці), і після вказаного терміну він підлягає заміні.

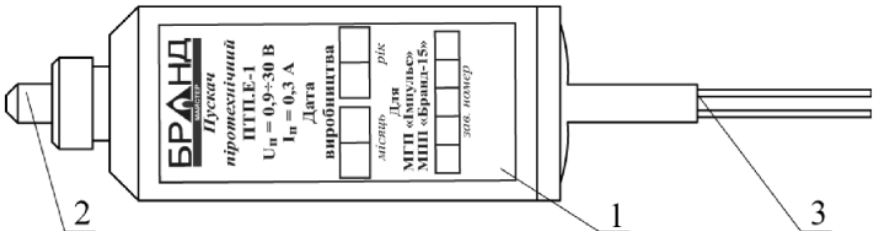


Рис. 2.8 – Піротехнічний пускач:

1 – корпус; 2 – штовхач; 3 – контактна група

Манометр має вбудоване реле тиску, що дозволяє контролювати тиск у модулі та видавати сигнал про падіння тиску до 2 бар у ньому (несправність або спрацьовування). За наявності тиску в модулі стан контактів розімкнутий, а під час падіння тиску нижче 2 бар контакти замикаються.

Основним елементом запобіжного пристрою мембранного типу є *запобіжна мембрана*, яка руйнується за підвищення тиску вище робочого (50±5 бар) і скидає надлишковий тиск із модуля, запобігаючи руйнуванню ЗПП або балона. При руйнуванні запобіжна мембрана підлягає заміні.

Перехідник манометра має вбудований зворотний клапан, що дозволяє проводити демонтаж манометра за наявності тиску в модулі.

Термочутлива колба призначена для утримання центрального клапана ЗПП в закритому положенні в черговому режимі й руйнується при спрацьовуванні модуля (за підвищення температури або при подачі електричного імпульсу на піротехнічний пускач). Слід звертати увагу на цілісність термочутливої колби під час монтажу модуля. При руйнуванні (за наявності тріщин, при втраті кольору) колби викручувати транспортний гвинт забороняється - необхідно звернутися до виробника для усунення несправності. Транспортний гвинт призначений для фіксації центрального клапана ЗПП (запобігання несанкціонованому спрацьовуванню) в разі руйнування термочутливої колби під час транспортування або монтажу модуля. Під час монтажу та транспортування модуля транспортний гвинт повинен бути закручений до упору. Після монтажу модулів його необхідно викрутити.

Гвинт (поз. 9, рис. 2.6, 2.7) фіксує положення розпилювача і призначений для запобігання демонтажу.

Підтискний гвинт (поз. 10, рис. 2.6, 2.7) призначений для фіксації термочутливої колби. Установка підтискного гвинта здійснюється тільки виробником або уповноваженим дилером. Самостійний монтаж/демонтаж підтискного гвинта може призвести до руйнування термочутливої колби і несанкціонованого спрацьовування модуля.

2.5 Модульні установки газового пожежогасіння

АСГП модульного типу складається з окремих ємностей (модулів), в яких знаходиться ГВР. Кожний модуль закритий ЗПП і забезпечує гасіння пожежі у конкретному об'ємі. Модулі розміщуються як у приміщенні, що підлягає захисту, так і поза його межами на незначній відстані. Виробниками передбачені різні способи кріплення модулів (на стелі, на стіні, на підлозі, на рамі, у шафі).

Як правило, модулі мають електричний (електропіротехнічний, електромагнітний), пневматичний та ручний пуски і заправляються хладонами.

Модульні АСГП серії «Імпульс». Одним із провідних виробників модулів газового пожежогасіння (МГП) на Україні є група компаній «Бранд» (м. Київ), яка, зокрема, випускає модулі серії «Імпульс». Конструктивно модулі цієї серії мають балон сферичної форми. У верхній частині балона знаходиться штуцер кріплення. У нижній частині балона розташована горловина, в яку за допомогою нарізного з'єднання встановлено запірно-пусковий пристрій із запобіжником мембранного типу та розпилювачем, манометром із вбудованим реле тиску, піротехнічним пускачем та термочутливою скляною колбою. МГП «Імпульс-2-Т» і «Імпульс-20-Т» застосовуються з вихідним патрубком, до якого приєднується рукав високого тиску з насадкою. Модулі «Імпульс-2» та «Імпульс-20» такого рукава не мають.

Модулі типів «Імпульс-2», «Імпульс-20», «Імпульс-2-Т», «Імпульс-20-Т» складаються з балона, ЗПП, кріпильного болта, кронштейна кріплення, рукава високого тиску (для модулів з індексом «Т»), насадка.

Модулі можуть застосовуватися як у складі автоматичних систем пожежогасіння й об'єднуватися спільною системою пуску, так і як автономна система пожежогасіння. Не допускається застосування більше одного модуля в якості автономної системи пожежогасіння в об'ємі, що підлягає захисту, у зв'язку з неможливістю одночасного пуску декількох модулів в автономному режимі й досягнення

необхідної вогнегасної концентрації. Модулі серії «Імпульс» не призначені для розміщення у вибухонебезпечних зонах.

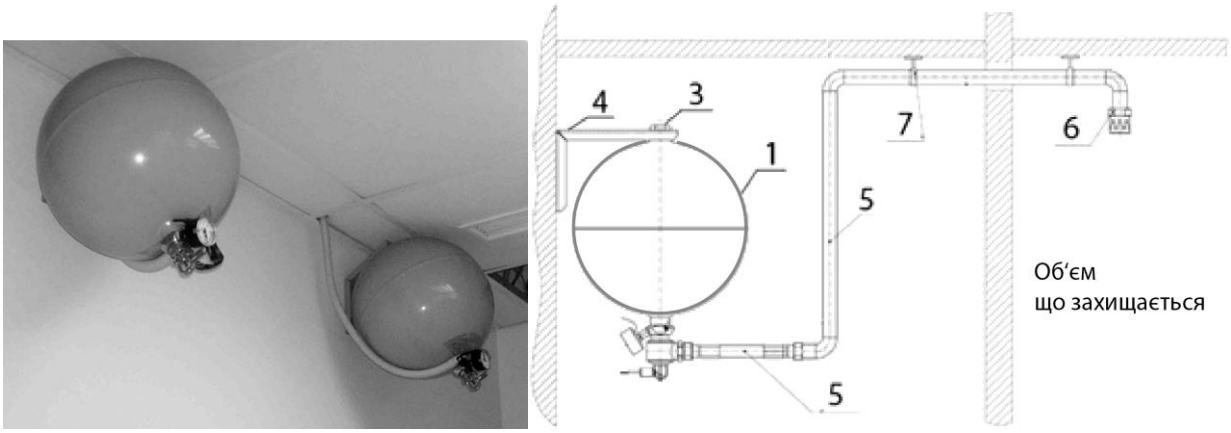


Рис. 2.9 – Загальний вигляд модулів типу «Імпульс-2-Т» «Імпульс-20» та схема їх монтажу:

1 – балон модуля; 2 – запірно-пусковий пристрій; 3 – болт кріплення; 4 – кронштейн кріплення; 5 – рукав високого тиску; 6 – насадок

Конструкцією модулів «Імпульс» передбачається:

– автоматичний пуск (шляхом руйнування термочутливої колби теплового замка піротехнічним пускачем одноразової дії при подачі електричного імпульсу від пожежного пристрою приймально-контрольного пожежного (ППКП));

– ручний (дистанційний) пуск шляхом руйнування термочутливої колби теплового замка піротехнічним пускачем під дією електричного імпульсу від пускового пристрою шляхом натискання кнопки дистанційного пуску;

– автономний пуск: при використанні модуля як автономної системи пожежогасіння, за рахунок руйнування термочутливої колби за підвищення температури в об'ємі, що підлягає захисту, понад 68 °С.

Як газ-витіснювач використовується азот. Подача ГВР супроводжується високим рівнем шуму, достатнім для переляку, утворенням турбулентних потоків, які можуть переміщати у просторі, що підлягає захисту, легкі предмети (папір, папки, плитки підвісних стель). Контакт із газом під час подачі може призвести до обмороження шкіри. Рідка фаза під час змішування з повітрям швидко випаровується; у зв'язку з цим небезпечною залишається лише зона, наближена до місця виходу вогнегасної речовини. У разі високого рівня вологості у просторі, що підлягає захисту, може виникнути короткочасне зниження видимості внаслідок конденсації водяної пари.

Модулі газового пожежогасіння типу «Імпульс-2-Т» та «Імпульс-20-Т» встановлюються за межами об'єму, що підлягає захисту, а подача газу в об'єм, що підлягає захисту (фальшпол, підвісна стеля, ніші, шафи та ін.), здійснюється по рукаву високого тиску через насадок.

Заземлення модуля виконується згідно з вимогами ПУЕ через клему заземлення.

З модулями типу «Імпульс-2-Т» та «Імпульс-20-Т» для подачі ГВР через насадок в об'єм, що захищається, використовується рукав високого тиску довжиною від 700 до 3000 мм та насадки (рис. 2.9, 2,10, 2.11, 2.13), що застосовуються з модулями типу «Імпульс-2-Т» і «Імпульс-20-Т», та призначені для випуску і формування рівномірного розподілу газу по всьому об'єму, що підлягає захисту. Ці насадки монтуються на рукаві високого тиску. Залежно від місця розміщення модуля (біля стіни або в центрі приміщення) застосовуються насадки *настінні* (з розпиленням ГВР на кут 180°) та *стельові* (з розпиленням ГВР на кут 360°).

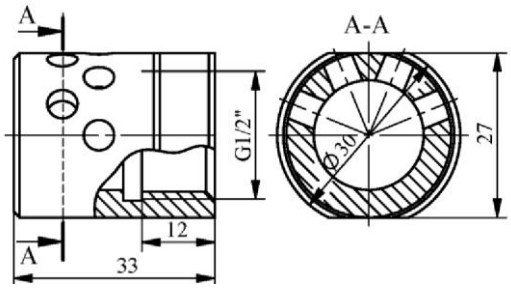


Рис. 2.10 – Насадок настінного типу з розпилом на 180° для модуля типу «Імпульс-2-Т»

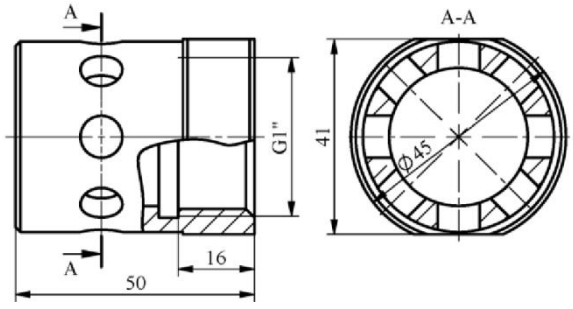


Рис. 2.11 – Насадок стельового типу з розпилом на 360° для модуля типу «Імпульс-20-Т»

Для **електричного пуску модулів** «Імпульс» подається електричний імпульс на піротехнічний пускач (поз. 3, рис. 2.6, 2.7). В результаті спрацьовування пускача утворюються порохові гази, за рахунок яких відбувається переміщення штовхача у бік термочутливої колби (поз.7, рис. 2.6, 2.7), внаслідок чого відбувається її руйнування. Після руйнування колби відкривається центральний клапан ЗПП. ГВР під дією робочого тиску газу-витискача подається в об'єм, що підлягає захисту, через розпилювач, або рукав високого тиску і насадок. При падінні тиску під час випуску ГВР відбувається замикання контактів на реле тиску манометра з подальшою видачею сигналу на ППКП.

Автономний пуск модулів відбувається за підвищення температури в об'ємі, що підлягає захисту, вище 68 °С. Це приводить до руйнування термочутливої колби і відкриття центрального клапана ЗПП з подальшою подачею ГВР під дією робочого тиску газу-витискача в об'єм приміщення через розпилювач. При падінні тиску під час випуску ГВР відбувається замикання контактів на реле тиску манометра з подальшою подачею сигналу на ППКП. При використанні модулів як автономної системи пожежогасіння підключення піротехнічного пускача не потрібне.

Підключення модулів до ППКП здійснюється після закріплення їх на об'єкті і завершення комплексу пуско-налагоджувальних робіт на всій АСГП при відключеному джерелі електроживлення. Модулі повинні бути заземлені відповідно до вимог чинних ПУЕ. У АСГП із застосуванням декількох модулів необхідно забезпечити їх одночасний пуск. Опір резистора навантаження $R_{нагр.}$ (рис. 2.12) підбирається відповідно до експлуатаційної документації на застосовуваний ППКП.

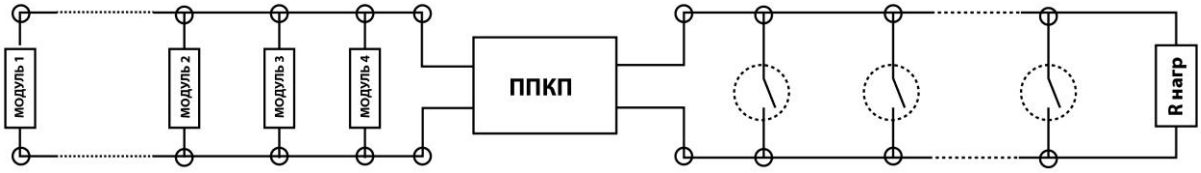


Рис. 2.12 – Схема підключення модулів

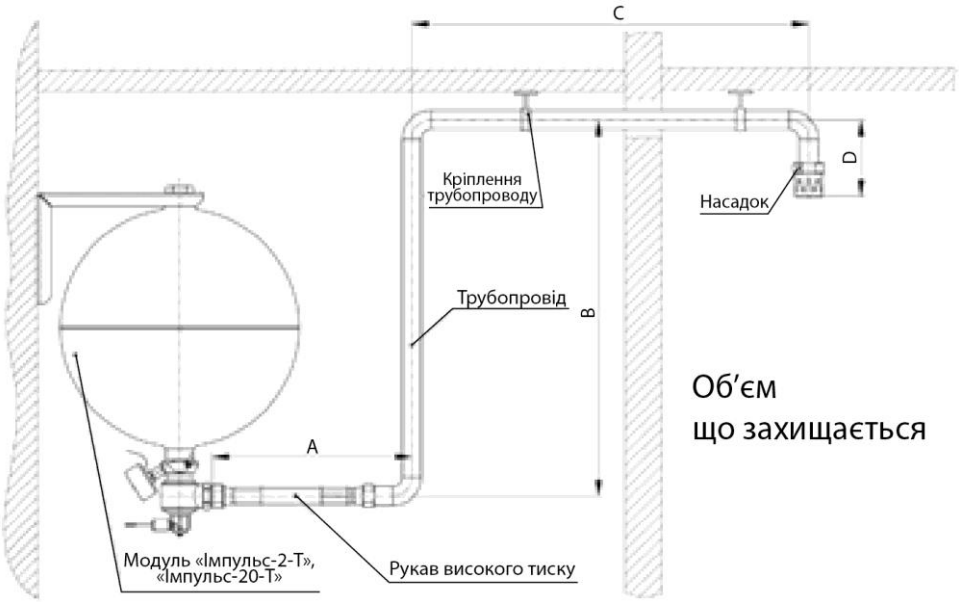
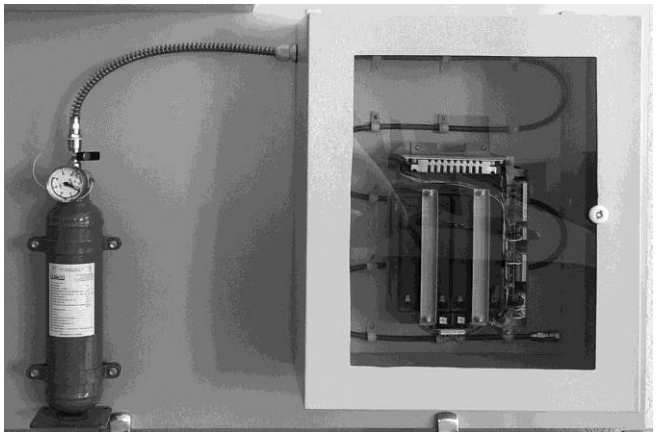


Рис. 2.13 – Умовна схема монтажу модуля з використанням трубопроводу



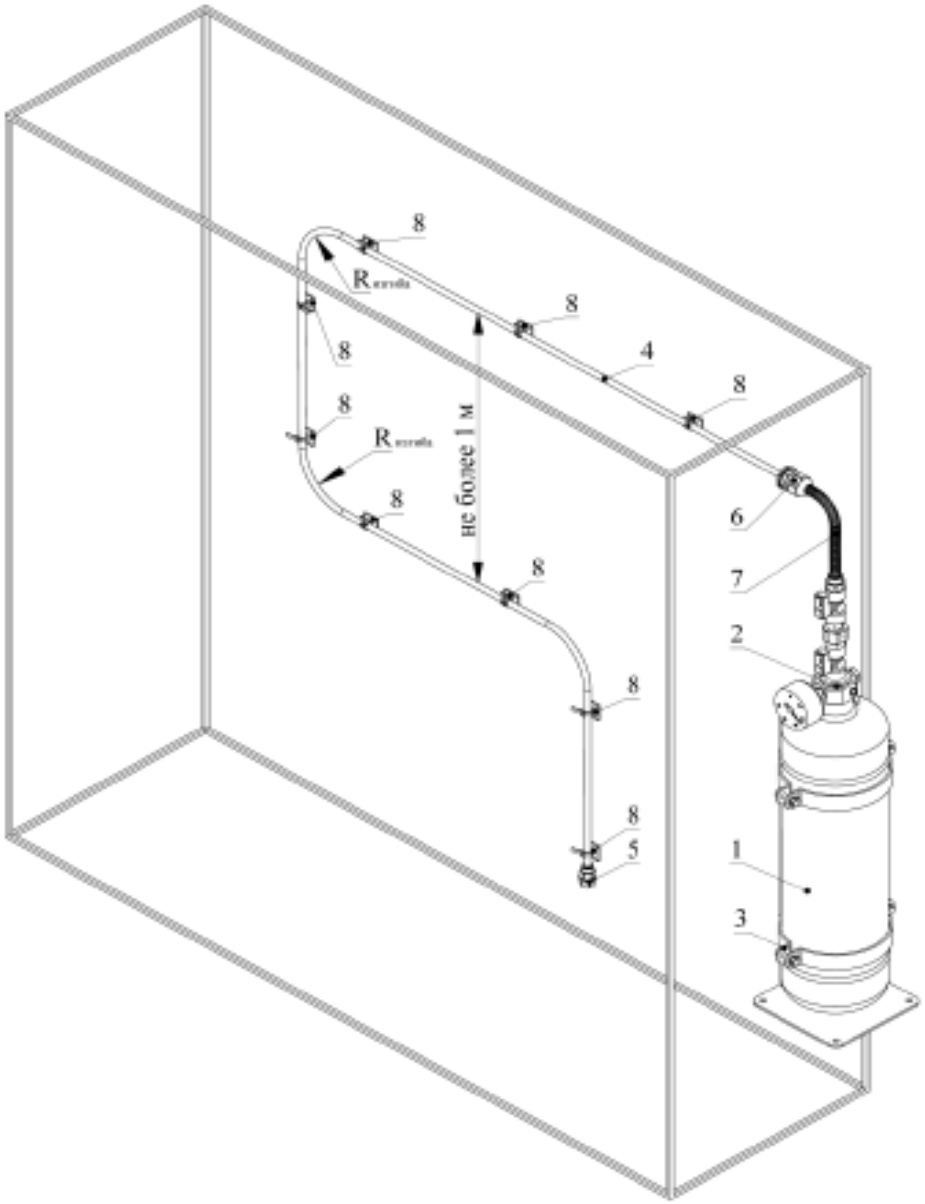


Рис. 2.14 – Конструкція та склад АСГП із модулем «Імпульс-BS»:

1 – балон із ГВР; 2 – запірно-пусковий пристрій із сифонною трубкою; 3 – кріплення універсальне для модуля; 4 – термочутлива трубка «Brand DeTec»; 5 – кінцева заглушка термочутливої трубки; 6 – захисний трубний ввод для термочутливої трубки; 7 – захисна пружина для термочутливої трубки

Автономні модулі газового пожежогасіння локального застосування моделей: «ІМПУЛЬС-BS» (BOX SAFE). Конструктивно являють собою балон (моделі об'ємом 1 дм^3, 1,5 дм^3, 3 дм^3, 5 дм^3) циліндричної форми із запірно-пусковим пристроєм із запобіжним пристроєм мембранного типу і манометром (із вбудованим реле тиску), наповнений ГВР. До вихідного крану приєднується термочутлива трубка «Brand DeTec» (внутрішнім діаметром 6 або 8 мм.) з кінцевою заглушкою.

У черговому режимі термочутлива трубка «Brand DeTec» заповнена ГВР (HFC 125, HFC 227ea) під тиском газу-витискача. При загоранні в зоні прокладки термочутливої трубки і за підвищення температури до порогу спрацьовування (80 °С, 100 °С) трубка, що знаходиться під тиском, втрачає міцність і в ній утворюється отвір, через який в осередок загоряння локально подається ГВР.

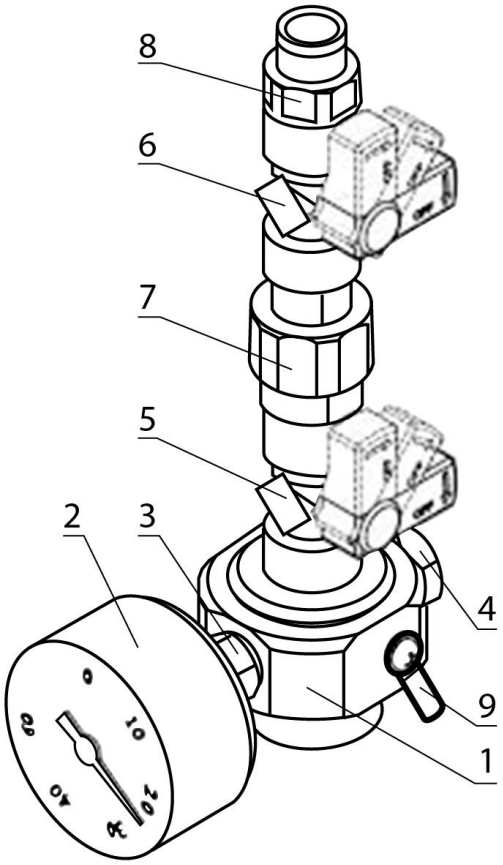


Рис. 2.15 – Запірно-пусковий пристрій для АСГП а типу «Імпульс Box Safe»:

1 – корпус; 2 – манометр із вбудованим реле тиску; 3 – перехідник манометра зі зворотним клапаном; 4 – запобіжний пристрій мембранного типу; 5, 6 – кран кульовий; 7 – з'єднувач; 8 – фітінг затискний; 9 – клема заземлення

Таблиця 2.11 – Максимальний об’єм захисту для умовно герметичних об’ємів із параметром негерметичності до 0,01 м$^{-1}$ АСГП серії «Імпульс - BS»

Тип системи	Найменування ГВР			
	HFC 125		HFC 227ea	
	Максимальна маса ГВР у системі	Максимальний об’єм захисту	Максимальна маса ГВР у системі	Максимальний об’єм захисту
Імпульс-BS-1	0,90	1,20	1,10	1,48
Імпульс-BS-1,5	1,35	1,80	1,65	2,23
Імпульс-BS-3	2,70	3,60	3,30	4,46
Імпульс-BS-5	4,50	6,00	5,50	7,43

Таблиця 2.12 – Максимальний об’єм захисту для умовно герметичних об’ємів із параметром негерметичності до 0,044 м-1АСГП серії «Імпульс - BS»

Тип системи	Найменування ГВР			
	HFC 125		HFC 227ea	
	Максимальна маса ГВР у системі	Максимальний об’єм захисту	Максимальна маса ГВР у системі	Максимальний об’єм захисту
Імпульс-BS-1	0,90	1,15	1,10	1,50
Імпульс-BS-1,5	1,35	1,60	1,65	2,05
Імпульс-BS-3	2,70	2,50	3,30	3,20
Імпульс-BS-5	4,50	3,95	5,50	4,70

Запірно-пусковий пристрій модуля «Імпульс-BS» складається з наступних основних компонентів: корпуса, що призначений для приєднання ЗПП до балона; манометра із вбудованим реле тиску, призначеного для контролю тиску в модулі. Реле тиску, вбудоване в манометр, дозволяє видавати сигнал при падінні тиску до 2 бар у модулі (несправність або спрацьовування). За наявності тиску в модулі стан контактів – NO (нормально відкритий); при падінні тиску нижче 2 бар стан контактів – NC (нормально закритий). Реле тиску манометра під’єднується на ППКП будівлі для комутації сигналу ПОЖЕЖА/НЕСПРАВНІСТЬ. Клас точності манометра – 1,6. Перехідник манометра зі зворотним клапаном призначений для монтажу манометра. Зворотний клапан дозволяє проводити демонтаж/монтаж манометра за наявності тиску в модулі. Запобіжний пристрій мембранного типу складається із запобіжної мембрани і підтискного болта. Запобіжна мембрана призначена для скидання надлишкового тиску з модуля і запобігання руйнуванню.

Крани кульові призначені для подачі ГВР у термочутливу трубку, для утримання ГВР і перекриття системи (для запобігання несанкціонованому спрацьовуванню) на час монтажу і технічного обслуговування).

З'єднувач забезпечує можливість від'єднання термочутливої трубки, без втрати ГВР, для можливості проведення технічного обслуговування модуля. *Фітінг затискний* використовується для приєднання термочутливої трубки до запірно-пускового пристрою. Заземлення виконується згідно з вимогами ПУЕ через клему заземлення.

Модулі серії «Імпульс Мікро». Група компаній «Бранд» (м. Київ) також розробила та випустила на ринок автономні АСГП локального застосування серії «Імпульс Мікро» моделей: «Імпульс-М30», «Імпульс-М60», та «Імпульс-М100». Модулі призначені для тривалого зберігання під тиском і випуску в об'єм, що підлягає захисту, ГВР для гасіння пожеж класу А2, В і електрообладнання, що знаходиться під напругою не більше 19 кВ.

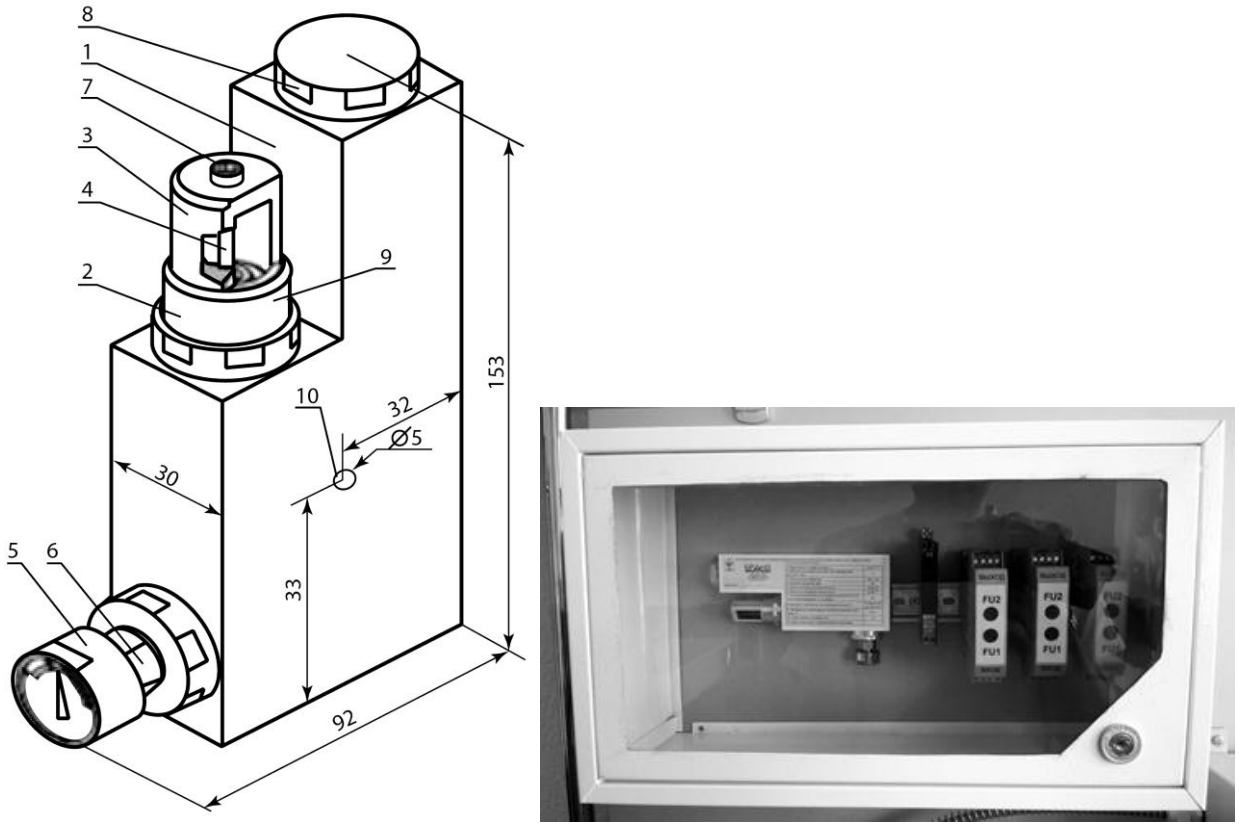


Рис. 2.16 – Загальний вигляд модуля АСГП «Імпульс-М60»:

1 – корпус; 2 – запірно-пусковий пристрій; 3 – розпилювач; 4 – термочутлива колба; 5 – індикатор тиску; 6 – перехідник зі зворотним клапаном; 7 – підтискний гвинт колби; 8 – заглушка; 9 – транспортний гвинт; 10 – кріпильний отвір

Робота модуля основана на спрацюванні термочутливої колби на ЗПП і виходу через його отвір ГВР, що зберігається у металевому корпусі.

Застосування АСГП на базі «Імпульс Мікро» рекомендоване для пожежогасіння серверних шаф, обладнання зв'язку, шаф із горючими рідинами, приладових і електротехнічних шаф, щитів, а також інших подібного типу об'єктів. Конструкція модуля розрахована на тривале зберігання ГВР під тиском і для випуску в об'єм під час гасіння пожеж класу А2, В і електрообладнання, що знаходиться під напругою не більше 19 кВ.

При виборі АСГП також слід враховувати габарити об'єкта, що підлягає захисту, і можливість установки модуля. Необхідно визначити місця і спосіб кріплення модуля. «Імпульс Мікро» кріпляться до верхньої кришки або до стінки в самій верхній її частині термочутливою колбою догори за допомогою саморізів по металу або клейкої стрічки, які входять до комплекту поставки. Не рекомендується використовувати кріплення за допомогою клейкої стрічки, якщо на стінку об'єкта, що підлягає захисту, передається вібрація від працюючого поруч обладнання або стінки мають нерівну поверхню (шорсткість і т.п.). Кріпити модулі до поверхні об'єкта необхідно таким чином, щоб було видно індикатор тиску та інформаційну табличку.

Установка фреонова модульна УФМ-14М. На сьогодні на об'єктах України продовжують використовуватися досить багато модульних УАГП марки УФМ-14М. Модуль цієї установки (рис. 2.17) змонтовано у металевому контейнері, який має вигляд невеликої шафи. У контейнері розміщено дві однакові секції: робочу та резервну. До складу кожної секції входять два металевих балони об'ємом 8 літрів. В одному з них зберігається 14 кг фреону, у другому - стиснуте повітря або газоподібний азот (використовуються для витискання ГВР). При спрацюванні системи виявлення пожежі від ППКП або приладу управління пожежного формується електричний сигнал на запуск установки. Цей сигнал подається на електричний роз'єм 1, з якого він поступає на головку ГЗСМ *6*, що встановлена на балоні *2* зі стиснутим повітрям (тиск у балоні - 11,7 МПа). Головки ГЗСМ спрацьовують, і повітря під тиском прямує до головок мембранного типу на балоні *3* із фреоном. Головки під тиском спрацьовують, і газ-витискач витискає фреон у колектор. При цьому перекривається зворотний клапан *8*, щоб не допустити потрапляння ГВР на резервну секцію. Ручний пуск будь-якої секції модуля можна виконати за допомогою рукояток ручного пуску *7*, *12*, які через систе-

му важелів відкривають головки ГЗСМ із газом-витискачем. Електроконтактні манометри *9*, *10* сигналізують про спрацювання установки або використовуються для контролю величини тиску в балонах із газом-витискачем.

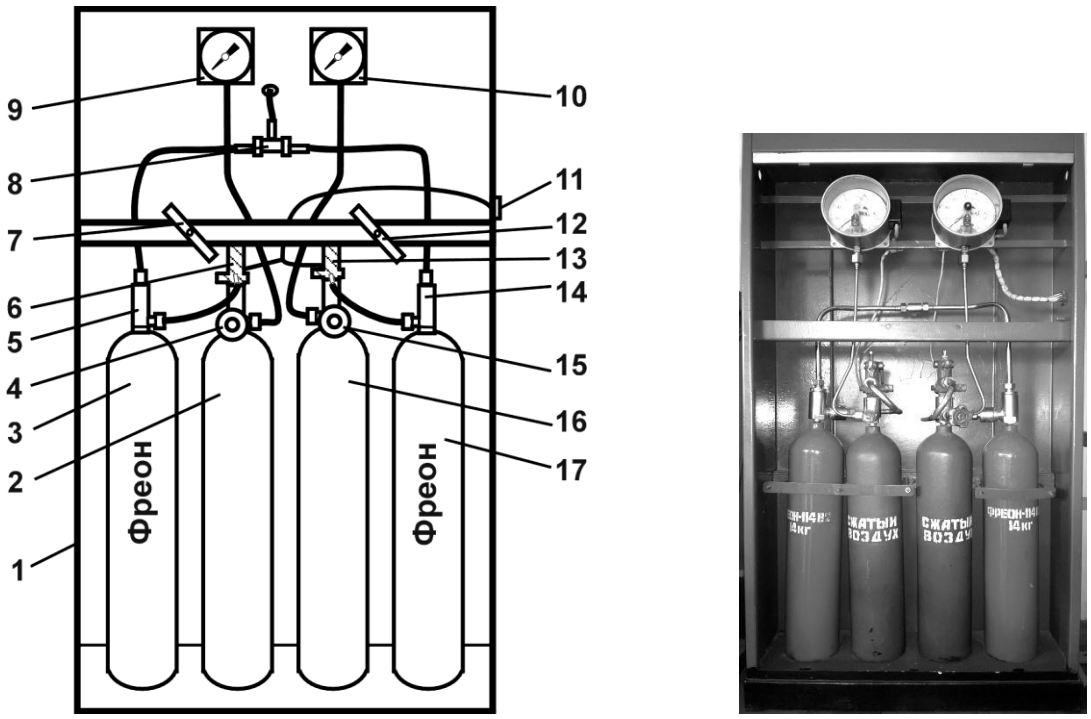


Рис 2.17 – Конструкція модульної установки:

1-корпус; 2, 16 – балони з газом-витискачем; 3, 17 – балони із фреоном; 4, 15 – перекривні вентилі; 5, 14 – головки мембранного типу; 6, 13 – головки ГЗСМ; 7, 12 – рукоятки ручного пуску; 8 – зворотний клапан; 9, 10 – електроконтактні манометри; 11 – електричний роз'єм

2.6 Батареї пожежогасіння

У разі, коли для захисту приміщень необхідна велика кількість модулів, є доцільним застосування батарейного обладнання, яке являє собою групу модулів, об'єднаних у систему колектором, конструкція якого дає можливість випускати вогнегасну газову речовину із групи модулів або окремих модулів.

Батареї, як правило, працюють у діапазоні температур від –30 °С до +50 °С. Умови зберігання і транспортування батарей є аналогічними до умов для модулів.

У батареях застосовуються модулі газового пожежогасіння з електричним (електропіротехнічним та електромагнітним), пневматичним і ручним пуском.

Для батареї застосовуються модулі одного типорозміру з однаковими наповненням вогнегасним складом і тиском газу-витискача, або балони ГВР, що об’єднані у батареї.

Кількість модулів у батареї обирається парною і, як правило, знаходиться в діапазоні від 2 до 12. Модулі у складі батареї розміщуються у станції пожежогасіння на рамі або шафі.

До складу батареї входять: балон із ЗПП, розподільні пристрої (РП), зворотні клапани, система трубопроводу, насадки-розпилювачі та вагові пристрої.

Батареї можуть об’єднуватися в систему - для збільшення об’єму захисту.

2.6.1 Конструкція балонів із ГВР

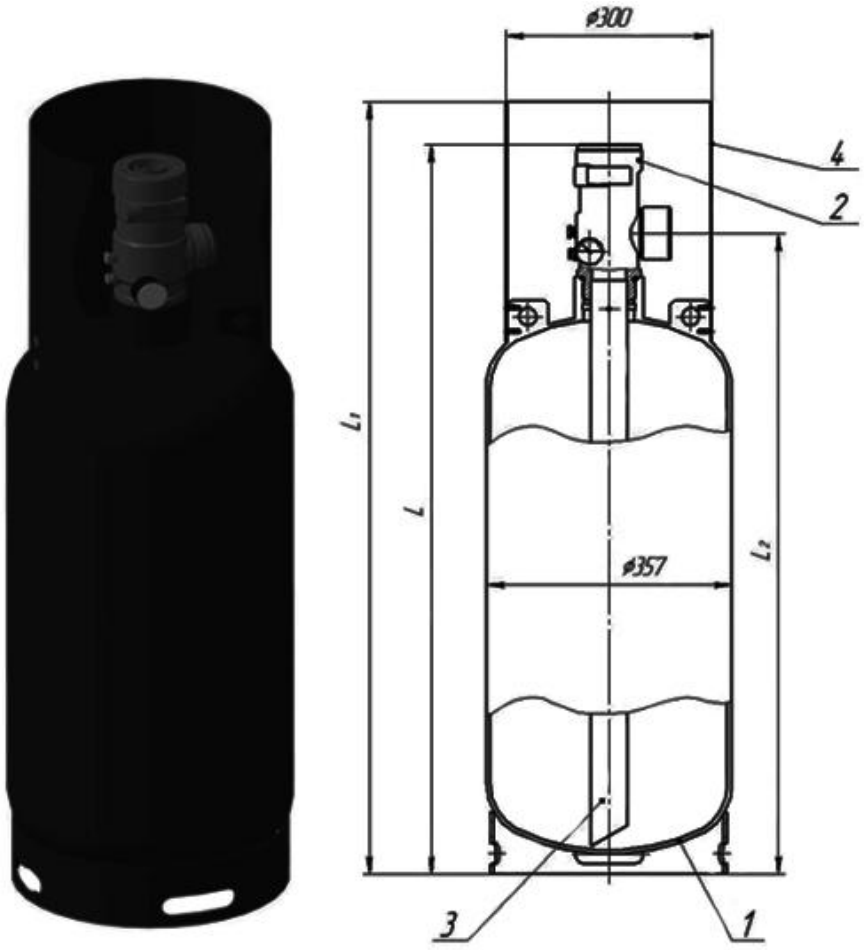


Рис 2.18 – Конструкція балона із ГВР:

1 – корпус балона; 2 – запірно-пусковий пристрій; 3 – сифонна трубка; 4 – захисна арматура

Балони, в яких установки газового пожежогасіння зберігають ГВР, складаються з металевого або металопластикового корпуса.

Заправляють балони ГВР, як правило, через зворотний клапан, що знаходиться нижче запірно-пускового пристрою, який має як автоматичний, так і ручний пуск. Ряд ГВР знаходяться у балонах у газоподібному стані під своїм тиском (азот). Але частіше ГВР перебувають у балоні у зрідженому стані під тиском своїх парів, або під тиском газу-витискача, який закачують у балон над поверхнею ГВР. Як газ-витискач використовують інертні гази або повітря. Вихід ГВР із балона здійснюється відкриттям запірно-пускового пристрою. При спрацюванні запірно-пускового пристрою тиском газу-витискача ГВР виштовхується через сифонну трубку на вихід балона до розподільчої мережі на гасіння пожежі.

2.6.2 Розподільчі пристрої

На об’єктах для розподілу вогнегасної речовини (по напрямках, що захищаються) у складі установок газового пожежогасіння застосовується декілька конструкцій розподільчих пристроїв.

Розподільчі пристрої установок газового пожежогасіння, що використовують як ГВР хладони 125, 218, 227еа, 318Ц, випускаються, як правило, наступних типорозмірів: Ду32, Ду 50, Ду80, Ду100.

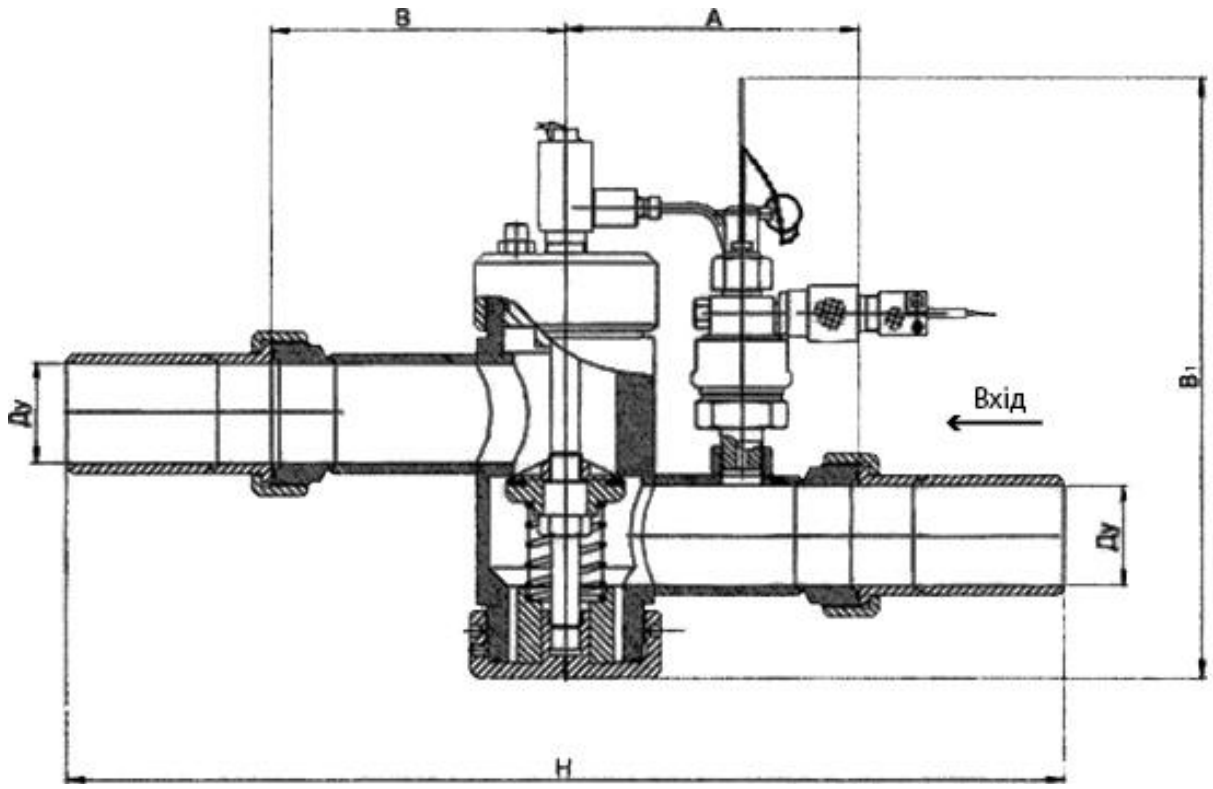


Рис. 2.19 – Конструкція розподільчого пристрою РУ МЕЗ (1М) -50 (80)

Найбільш часто до сьогодні зустрічаються розподільчі пристрої типу РУ з електричним пуском. Основним робочим вузлом у таких розподільчих пристроях є клапан з електричним пуском типу КЕ (рис. 2.20), призначений для розподілу ГВР по приміщеннях, в яких виникла пожежа. Цей клапан служить запірним пристроєм у системі розподілу. Клапан може бути приведений у дію автоматично і вручну. Він складається з корпуса *1*, всередині якого встановлено поршень *2*. Поршень *2* одним своїм кінцем закриває вхідний отвір корпуса, а іншим упирається на запірний пристрій *4*. Запірний пристрій кінематично пов'язаний з вузлом автоматичного пуску, до якого, у свою чергу, приєднаний вузол електропуску. В цьому вузлі установлено піропатрон *5* і підведено електрокабель від приладу управління пожежного (щита управління). Під тиском порохових газів, що утворюються під час вибуху піропатрона *5*, переміщується поршень *3* вузла автоматичного пуску, тим самим відкриваючи клапан. В установках газового пожежогасіння із пневматичним пуском робота клапана є аналогічною, але відрізняється тим, що до пускової головки клапана замість піропатрона підведене стиснене повітря від пускового балона.

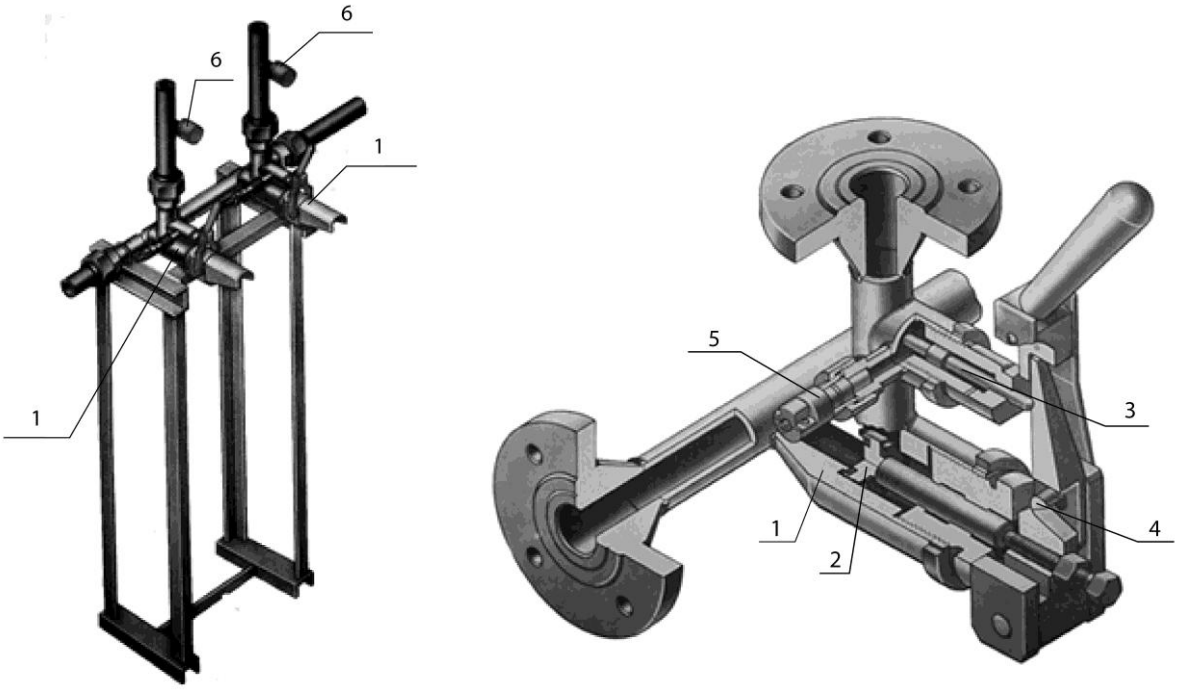


Рис. 2.20 – Розподільчий пристрій на два напрямки із клапаном КЄ:

1 – корпус; 2 – поршень; 3 – поршень вузла автоматичного пуску; 4 – запірний пристрій; 5 – піропатрон; 6 – сигналізатор тиску

Рис. 2.21 – Розподільчі пристрої АСГП з діаметрами умовного отвору 80 мм

2.6.3 Запірний клапан ЗК-32

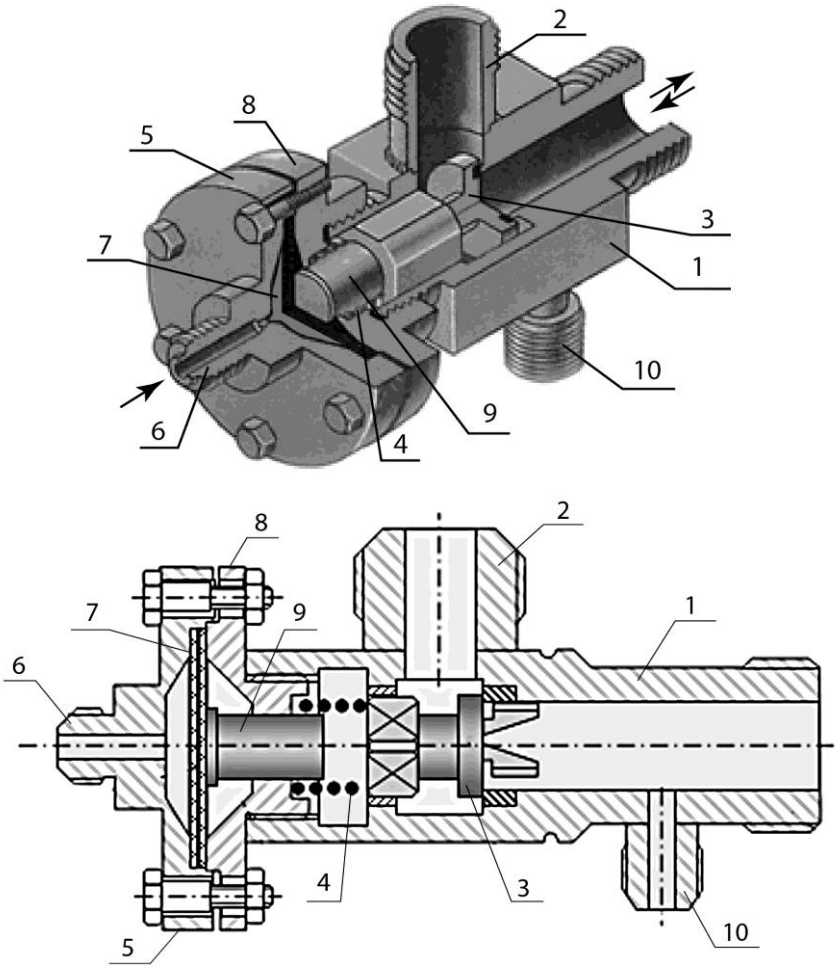


Рис. 2.22 – Запірний клапан типу ЗК-32:

1 – корпус; 2 – штуцер випускний; 3 – клапан; 4 – пружина; 5, 8 – кришки; 6 – штуцери для підведення повітря; 7 – мембрана; 9 – поршень; 10 – вхідний штуцер для ГВР

Запірний клапан типу ЗК-32 (рис. 2.22) призначений для герметичного закривання виходу із секційного колектора у станційний колектор при випуску стисненого повітря з пускового балона секції; запобігання попаданню вогнегасної речовини із секційного колектора до станційного при спрацюванні випуску вогнегасної речовини із секційного колектора у станційний.

Між кришками *5* і *8* встановлена мембрана *7*, яка спирається на клапан *3*. Стиснуте повітря від пускового балона постійно тисне на мембрану з боку кришки *5* через штуцер *6*. За рахунок різниці площ мембрани *7* і клапана *3* зусилля на клапан з боку мембрани більше, ніж з боку секційного колектора, в результаті чого клапан *3* притискається до сідла. При виході вогнегасних речовин з робочих балонів батареї в секційний колектор тиск, що створюється в останньому, значно перевищує тиск стиснутого повітря в надмембранному просторі. В результаті клапан *3* відкривається і дає вихід вогнегасній газовій речовині у станційний колектор.

2.6.4 Секційний запобіжник

Секційній запобіжник (рис. 2.23) призначений для запобігання підвищенню тиску в секційному колекторі за незначного витоку повітря з пускового балона. Секційний запобіжник встановлюється на секційний колектор за допомогою штуцера.

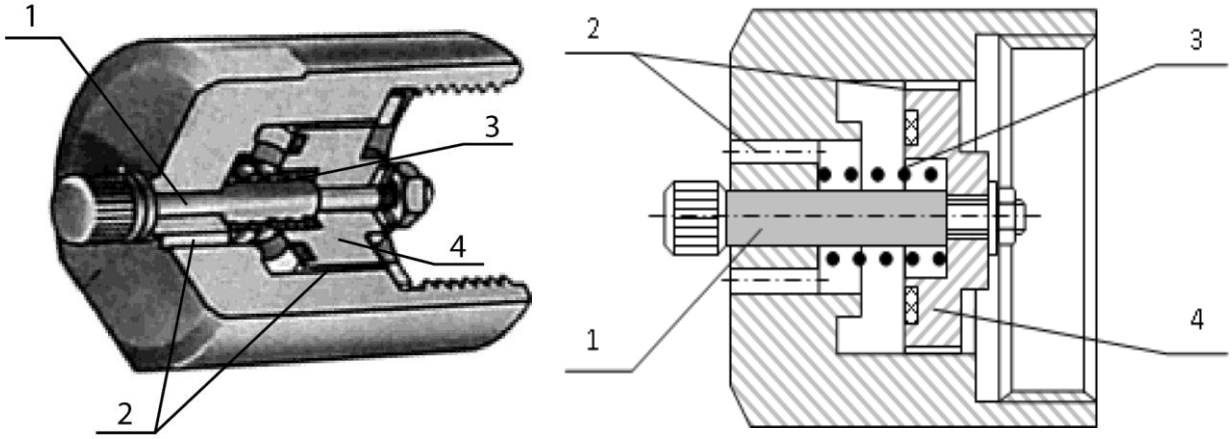


Рис. 2.23 – Секційний запобіжник:

1 – шток; 2 – вентиляційні отвори; 3 – пружина; 4 – клапан

Робота секційного запобіжника. Під дією пружини *3* клапан *4* знаходиться у крайньому правому положенні та через вентиляційні отвори *2* з'єднує порожнину секційного колектора з атмосферою.

При спрацьовуванні пускового балона повітря з підвищеним тиском подається у секційний колектор, а оскільки отвори у клапані є достатньо малими, то запірний клапан зміщується за схемою ліворуч, сідає на сідло та роз'єднує порожнину секційного колектора з атмосферою.

2.6.5 Клапан пусковий повітряний КПВ

Клапан пусковий повітряний (рис. 2.24) призначений для автоматичного випуску повітря з балона спонукальної пускової секції для відкриття запірних головок пускових балонів.

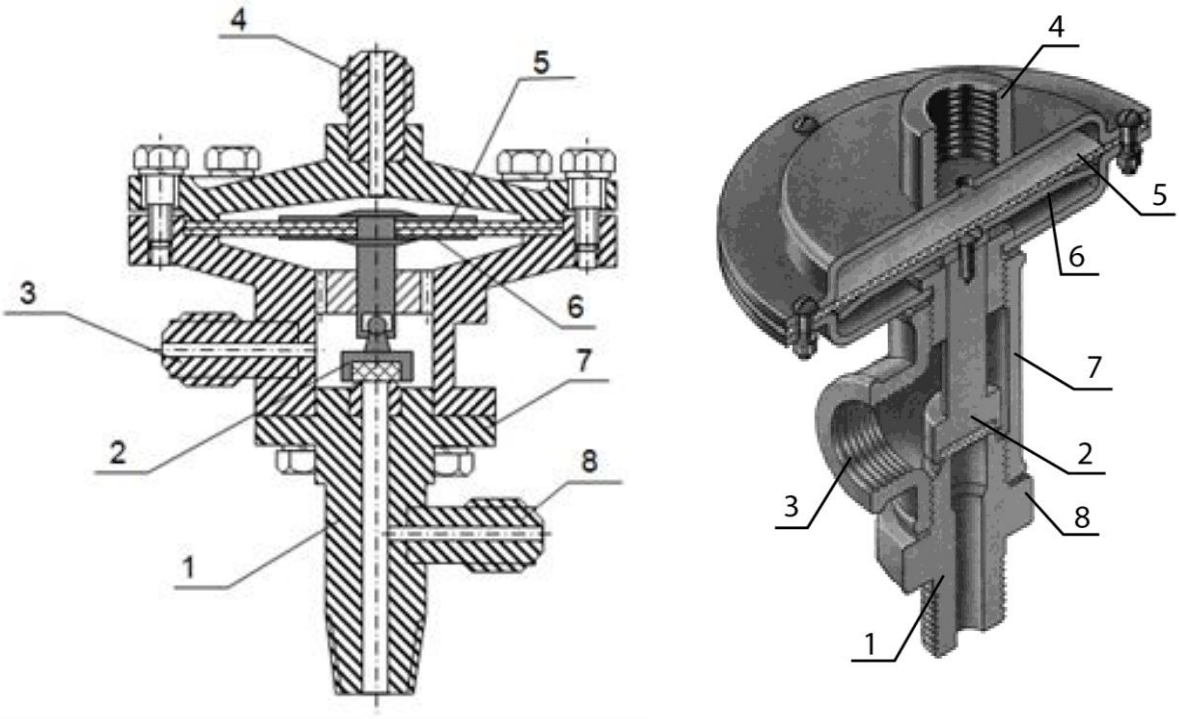


Рис. 2.24 – Клапан пусковий повітряний КПВ:

1 – штуцер пускового балона; 2 – запірний клапан; 3 – штуцер відводу повітря до секційного колектора; 4 – штуцер підводу повітря від спонукальної системи; 5 – мембрана; 6 – тарілка; 7 – корпус; 8 – штуцер підводу повітря від компресорної станції

У черговому режимі у порожнину над мембраною *5* через штуцер *4* подається тиск (0,2 МПа) зі спонукальної системи. Оскільки площа мембрани *5* значно більше площі запірного клапана *2*, то запірний клапан надійно закритий, незважаючи на протидію тиску (2,5 МПа) під ним (з пускового балона). При спрацьовуванні повітрозаповненої збуджувальної системи (спринклерного розпилювача або відкриття крана ручного пуску) тиск у спонукальному трубопроводі падає і запірний клапан *2* відкривається та відкриває доступ

стиснутого повітря через штуцер *3* для відкриття запірних головок пускових балонів і для відкриття розподільчого крана відповідного напрямку.

2.6.6 Структура установки газового пожежогасіння з електричним пуском із батареєю БАЕ

Установки з електропуском застосовують для захисту приміщень, в яких протікають технологічні процеси, що сприяють швидкому поширенню пожежі, в пожежонебезпечних приміщеннях із використанням сповіщувачів нормального виконання і пожежовибухонебезпечних приміщеннях із використанням вибухозахищених сповіщувачів.

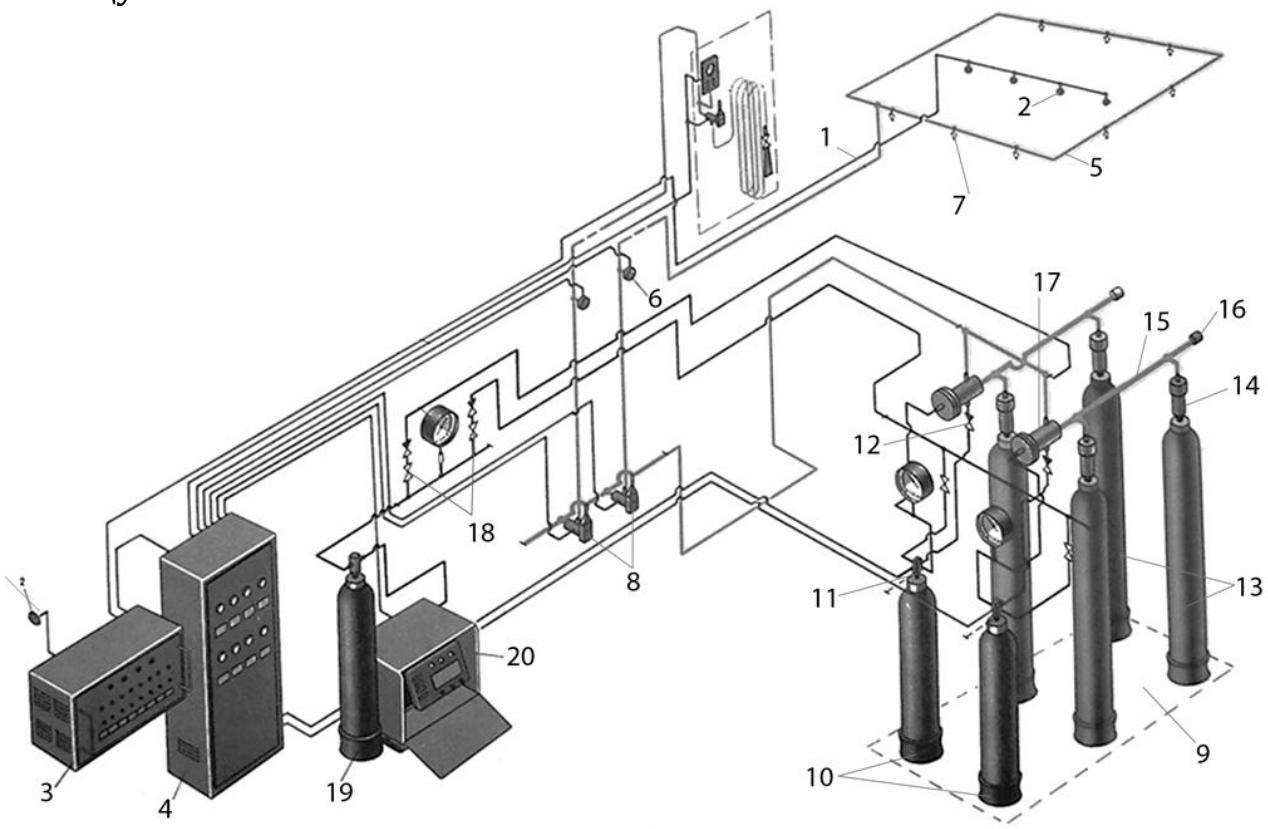


Рис. 2.25 – Структура установки газового пожежогасіння з електричним пуском із батареєю БАЕ:

1 – шлейф пожежної сигналізації; 2 – сповіщувачі; 3 – приймально-контрольний прилад; 4 – прилад управління (щит управління та сигналізації); 5 – газова розподільча мережа; 6 – сигналізатор тиску типу СДУ; 7 – випускні насадки; 8 – розподільчий пристрій з електричним і ручним пуском; 9 – батарея автоматична з електропуском (БАЕ) двосекційна; 10 – пусковий балон; 11 – головки типу ГЗСМ; 12 – зворотні клапани; 13 – робочі балони із ГВР; 14 – головки ГАВЗ; 15 – секційний колектор; 16 – секційний запобіжник; 17 – запірний клапан типу ЗК-32; 18 – розподільник повітря; 19 – балон-ресивер; 20 – зарядна станція

Установки з батареєю типу БАЕ досить давно застосовуються на об'єктах України і складаються із шлейфів пожежної сигналізації зі сповіщувачами, приймально-контрольного приладу, приладу управління (або щита управління та сигналізації), газової розподільчої мережі із сигналізатором тиску типу СДУ і випускними насадками; розподільчого пристрою з електричним і ручним пуском; батареї автоматичної з електропуском (БАЕ), що складається із двох секцій (кожна з яких має пусковий балон зі стисненим до 25 атм. повітрям, закритий головками типу ГЗСМ, зворотний клапан і два робочих балони з головками типу ГАВЗ, секційний колектор, секційний запобіжник і запірний клапан типу ЗК-32); розподільника повітря типу, балона-ресивера і зарядної станції.

При виникненні пожежі у приміщенні спрацьовує сповіщувач *2*, імпульс від якого надходить: на приймально-контрольний прилад *3*, що фіксує сигнал про пожежу в цьому шлейфі й подає сигнал тривоги на прилад управління *4* (щит управління та сигналізації), з якого подається електричний імпульс на підрив піропатронів у розподільчому пристрої *8* даного напрямку і в одній або двох головках *11* типу ГЗСМ пускових балонів *10*. Тиском порохових газів, що утворюються при підриві піропатрона (заряд підривається за рахунок розжарювання при подачі напруги на пускову спіраль піропатрона) спрацьовують відповідні напрямки, де виникла пожежа, а саме розподільчий пристрій *8* і головка *11* типу ГЗСМ на пусковому балоні *10*; повітря з пускового балона *10* надходить у секційний колектор *15* і викликає спрацьовування секційного запобіжника *16* (він закривається) і головки *14* типу ГАВЗ. Через головки *14*, що відкрилися, ГВР надходить у секційний колектор *15*, відкриває запірний клапан *17* типу ЗК-32 і спрямовується до розподільчого пристрою *8* даного напрямку і далі в розподільчу мережу *5*. При цьому сигналізатор тиску *6* подає на прилад управління *4* (щит управління та сигналізації) сигнал про подачу ГВР у напрямку, що підлягає захисту. Дистанційне включення установки здійснюється кнопками ручного пуску, що встановлюються біля виходів із приміщення, яке підлягає захисту. Місцевий пуск установки БАЕ (із приміщення станції газового пожежогасіння) може бути здійснено ручним включенням розподільчих пристроїв, які забезпечать подачу газу в потрібному напрямку і ручним пуском необхідної кількості головок ГЗСМ на балонах із ГВР.

2.6.7 Структура установки газового пожежогасіння із пневматичним пуском із батареєю БАП

Доцільність використання установки газового пожежогасіння із пневматичним пуском є виправданою, якщо у приміщенні відсутня можливість із будь-яких причин застосовувати вибухозахищені сповіщувачі, або відсутні два незалежних джерела живлення, наявне корозійне середовище або має місце занадто висока вологість.

Типовою установкою газового пожежогасіння із пневматичним пуском є установка з батареєю БАП (рис. 2.26), яка інколи застосовується на об'єктах.

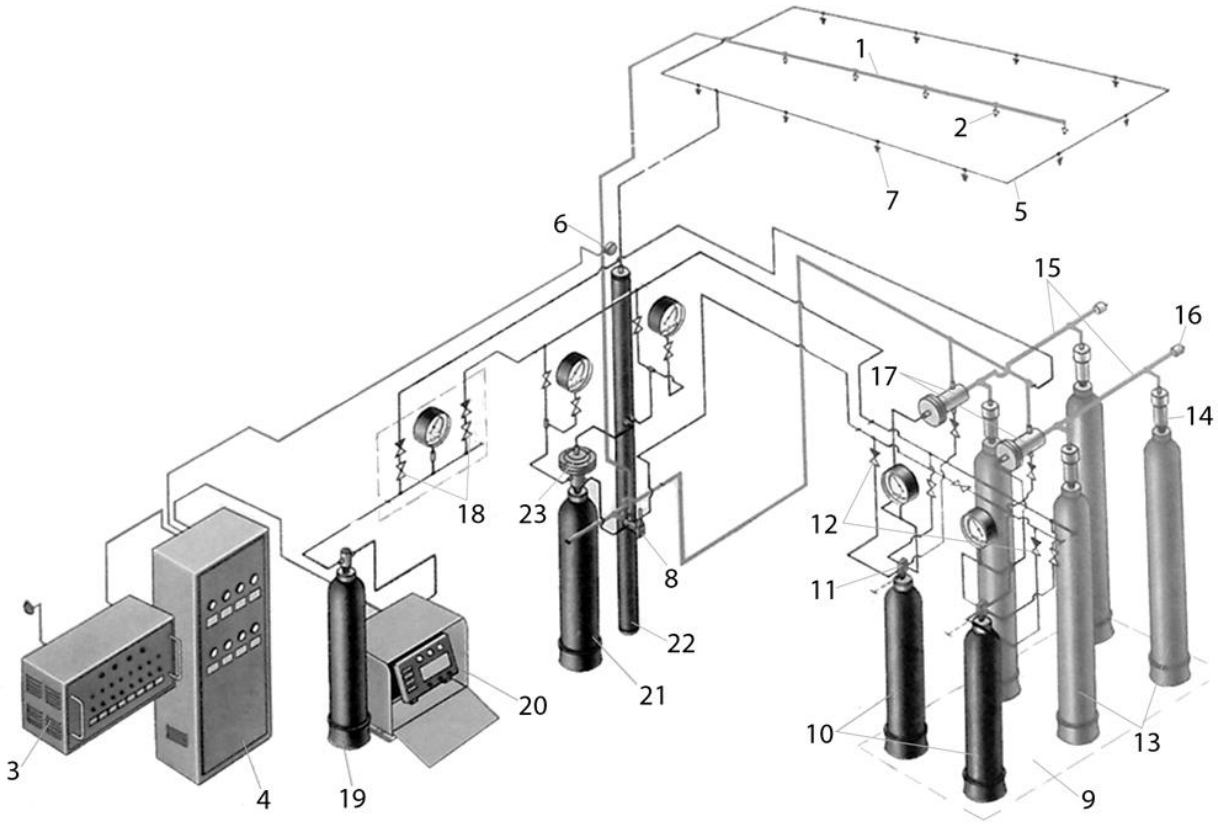


Рис. 2.26 – Структура установки газового пожежогасіння із пневматичним пуском із батареєю БАП:

1 – пневматична збуджувальна система; 2 – спринклерний зрошувач; 3 – приймально-контрольний прилад; 4 – прилад управління (щит управління та сигналізації); 5 – газова розподільча мережа; 6 – сигналізатор тиску типу СДУ; 7 – випускні насадки; 8 – розподільчий пристрій із пневмопуском; 9 – батарея автоматична із пневмопуском (БАП) двосекційна; 10 – пускові балони зі стисненим повітрям; 11 – головки типу ГЗСМ; 12 – зворотні клапани; 13 – робочі балони із ГВР; 14 – головки ГАВЗ; 15 – секційний колектор; 16 – секційний запобіжник; 17 – запірний клапан типу ЗК-32; 18 – розподільник повітря; 19 – балон-ресивер; 20 – зарядна станція; 21 – пусковий балон збуджувальної секції; 22 – пускова труба; 23 – клапан повітряний пусковий типу КВП

Принцип роботи установки. В черговому режимі тиск 0,2 МПа підтримується у розподільчій збуджувальній системі *1* від пускової труби *22*. У разі підвищення температури спрацьовує один або кілька спринклерних зрошувачів *2*, які використовуються як випускні насадки збуджувальної системи; тиск у спонукальній мережі падає з 0,2 МПа до атмосферного. Це приводить до спрацьовування пускового повітряного клапана *23* на пусковому балоні *21*. Повітря з балона під тиском 2,5 МПа йде до розподільчого пристрою *8*, викликає його спрацьовування і спрацьовування головки *11* типу ГЗСМ пускових балонів *10* батареї БАП *13*; при цьому стиснене повітря надходить у секційний колектор *15*, закриває секційний запобіжник *16*, розкриває головки *14* типу ГАВЗ на балонах із вогнегасним газом *13.* ГВР, що виходить із балонів *13,* розкриває запірний клапан *17* типу ЗК-32, а потім, розкривши розподільчий пристрій *8* надходить у розподільчу мережу *5* до випускних насадок *7*.

2.6.8 Установка із тросовим пуском

Установки Т-2МА із тросовим та електричним пуском (рис. 2.27) призначені для захисту приміщень (об'ємом до 40 м^3, якщо зарядом є вуглекислота; і до 120 м^3, якщо як заряд використовується фреон 114В2). У тросовому варіанті установка Т-2МА може захищати тільки одне приміщення і розташовується безпосередньо біля входу в нього. Установка Т-2МА складається із двох 40-літрових балонів (один – робочий, інший – резервний) із запірно-пусковою головкою типу ГЗСМ (у тросовому варіанті піропатроном не заряджається) і колектора *3* із розподільним трубопроводом *6*.

Під стелею приміщення, що підлягає захисту, натягується трос *9* (довжиною не більше 15 м) з легкоплавкими замками *8*. Відстань між замками – до 4 м, але в будь-якому випадку у приміщенні повинно бути не менше двох замків. Один кінець троса прикріплений до натяжного пристрою *7*; інший, через систему роликів утримує важіль *11*, до якого підвішений вантаж *12* масою 10 кг. До вантажу прикріплений малий трос *10*, другий кінець якого з'єднаний з важелем головки ГЗСМ *4*. Установка змонтована на металевій рамі.

При використанні тросового пуска установка працює в такий спосіб. За підвищення температури у приміщенні до температури спрацьовування замку *8* (зазвичай 72 °С) замок розпадається і трос перестає утримувати важіль *11*, зв'язаний із тросом *10*. Під дією вантажу *12* трос *10* повертає важіль головки *4*, відкриваючи отвір для виходу вогнегасної речовини з балона *1* в колектор *3* і далі в розпо-

дільну мережу *6* та приміщення, що підлягає захисту. Дистанційне включення робочого балона можна здійснити поворотом важеля *14* на себе. При цьому зуб важеля виходить із зачеплення із зірочкою барабана троса-подовжувача *13*, трос *9* послаблюється і установка спрацьовує так само, як і при розплавленні замка. Автоматично або дистанційно включається тільки робочий балон. Резервний балон включають вручну за допомогою кнопки-ручки *2* (для цього її тягнуть на себе).

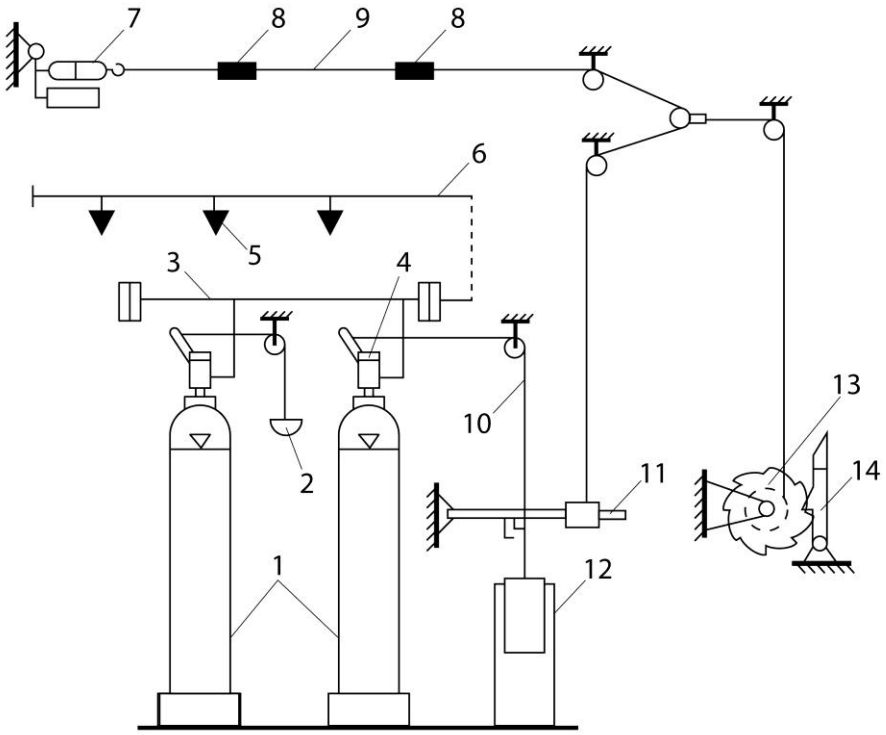


Рис. 2.27 – Принципова схема установки газового пожежогасіння із тросовим пуском:

1 – балони з вогнегасною речовиною; 2 – пристрій для ручного пуску; 3 – колектор; 4 – головка ГЗСМ; 5 – випускний насадок (зазвичай розеткові дренчерні зрошувачі або циліндричні насадки з отворами діаметром 2–10 мм) ; 6 – розподільна мережа; 7 – натягач; 8 – тросовий легкоплавкий замок; 9, 10 – трос; 11 – важіль; 12 – вантаж; 13 – зірочка барабана; 14 – важіль із засувкою

В разі застосування установки Т-2МА у варіанті з електричним пуском (від системи пожежної сигналізації) можна захищати одне приміщення об'ємом до 40 м^3 (вуглекислим газом) або до 120 м^3 (фреоном 114В2), або два приміщення, якщо установка оснащена розподільчим пристроєм (у цьому випадку ГВР випускається тільки в

те приміщення, в якому спрацював сповіщувач). Електричний пуск установки (пуск робочого балона) відбувається при надходженні сигналу про пожежу від системи пожежної сигналізації на підрив піропатрону головки ГЗСМ (4, рис. 2.2.7) і відповідній розподільчий пристрій. Далі установка працює так само, як і установка із тросовим пуском. Аналогічно здійснюється ручний пуск резервного балона.

2.6.9 Установка газового пожежогасіння з електричним пуском УАГЕ

Принципова схема установки газового пожежогасіння з електричним пуском УАГЕ подана на рис. 2.28.

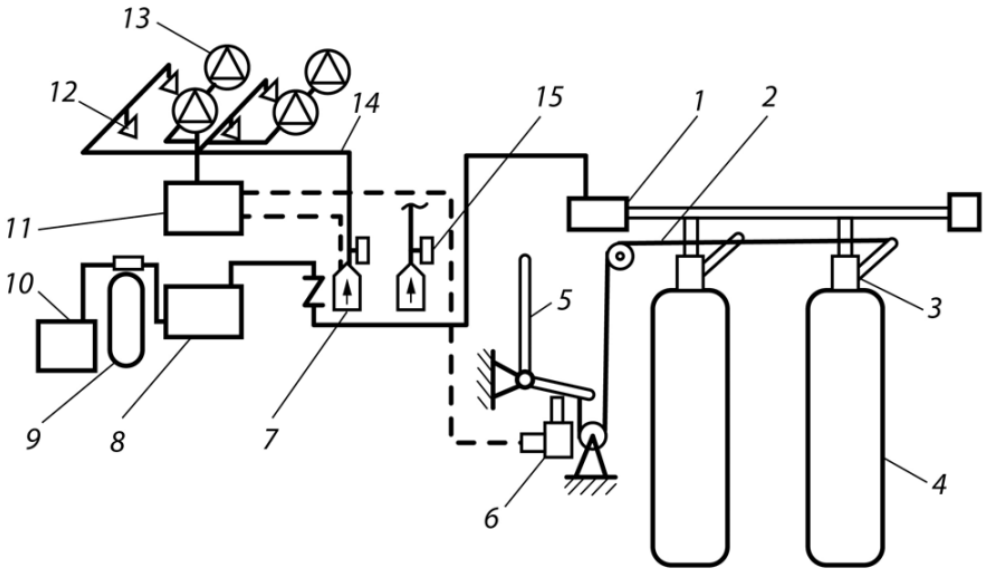


Рис. 2.28 – Установка газового пожежогасіння з електричним пуском УАГЕ:

1 – зворотний клапан; 2 – трос; 3 – головка-затвор типу ГЗСМ; 4 – балон із ГВР; 5 – рукоятка ручного пуску; 6 – головка з електричним пуском; 7 – розподільчий пристрій; 8 – зарядна станція; 9 – балон-ресивер; 10 – розподільник повітря; 11– пожежний приймально-контрольний прилад; 12 – випускні насадки; 13 – пожежний сповіщувач; 14 – магістральний трубопровід; 15 – сигналізатор тиску

Її структура та вузли є аналогічними до вузлів установок із батареєю БАЕ. Винятком є лише конструкція батареї робочих балонів із ГВР, на яких встановлені головки ГЗСМ *3*. Важелі головок ГЗСМ з'єднані між собою тросом, приєднаним через блок до виступу рукоятки ручного пуску *5*. Установка працює в такий спосіб. Після того, як пожежний приймально-контрольний прилад *11* зафіксує сигнал

про спрацьовування двох сповіщувачів *13* у приміщенні, яке підлягає захисту, він формує імпульс на підрив піропатронів у розподільчому пристрої *7* вказаного напрямку і в головці електропуску *6*. Від тиску порохових газів, що утворюються при підриві піропатрона, спрацьовує клапан розподільчого пристрою і головка електропуску *6*, поршень якої, переміщаючись догори, впливає на виступ рукоятки ручного пуску *5*, яка, у свою чергу, тягне трос *2*, що з'єднує важелі головок ГЗСМ *3*, і відкриває їх. ГВР із балонів *4* виходить у колектор і через зворотний клапан *1* та розподільчий пристрій *7* поступає до випускних насадок *12* у приміщення, що підлягає захисту.

2.6.10 Установки з централізованим зберіганням газу

У ряді випадків для створення вогнегасної концентрації потрібні тонни ГВР, що веде до необхідності застосовувати батареї з великою кількістю балонів. Так, з урахуванням витоків через наявні нещільності, для захисту приміщення об'ємом 1200 м^3 буде потрібно близько 900–1000 кг двоокису вуглецю, що становить 37–40 балонів. Крім значного часу подачі ГВР із балонів, такий спосіб зберження викликає додатковий ряд проблем: при спрацьовуванні можливе утворення крижаних пробок у трубопроводах, – як правило, в місцях із підвищеним місцевим опором – у колінах. Це виникає тому, що діоксид вуглецю має питому вагу меншу у порівнянні з водою, тому волога знаходиться у нижній частині балона і буде першою виходити через сифонну трубку. Додаткове зневоднення ГВР, особливо діоксиду вуглецю, призводить до значних витрат.

Протягом 80–90-х років минулого сторіччя у *Випробувальній пожежній лабораторії Харківського гарнізону пожежної охорони* під керівництвом Молочного М.М. було розроблено і вперше впроваджено у практику кілька варіантів стаціонарних і транспортних ізотермічних систем для цілей пожежогасіння. На відміну від звичайних транспортних та технологічних ізотермічних ємностей, додатковими елементами стали система подачі CO_2 у стані сталого аерозолю, вбудований випарник усередині ємності та система підтримки постійного тиску на базі компресорної установки. Робота системи підтримання тиску полягає у стисканні газової фази діоксиду вуглецю, що приводить до його переходу у зріджений стан і, як наслідок, – до падіння тиску в ємності. Це дозволило знизити робочий тиск у ємності й виготовляти її з тонкішого металу. Для підвищення тиску у системі (при її інтенсивній роботі, яка веде до зниження тиску в системі) було запропоновано переводити зріджену фазу в га-

зоподібний стан шляхом штучного підвищення температури в ємності. Система мала можливість керувати співвідношенням зрідженої та газової фаз діоксиду вуглецю. Це дозволяло не тільки утворювати вогнегасну концентрацію, а й, у разі потреби, активно впливати на зниження температури у приміщенні.

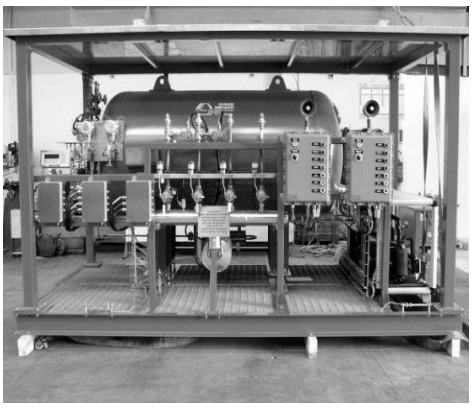
Ця концепція пізніше набула розвитку в конструкції *резервуарів ізотермічних пожежних* (*РІП*), які випускаються і сьогодні. Так, у 1991 році фірма «Ansul Preferred Co» представила на ринок засобів пожежогасіння нове обладнання – ізотермічні ємності Міні-Балк для CO_2 низького тиску. Завдяки розробці резервуарів малого розміру Міні-Балк вуглекислотне пожежогасіння почало використовувати ємності, де зберігається від 159 до 680 кг ГВР. Кожен резервуар Міні-Балк був оснащений холодильним агрегатом, який підтримував у ємності температуру 18 °С і тиск 2,1 МПа. І сьогодні на ринку знаходиться аналогічне обладнання фірм «Ansul Preferred», «Kidde» та ін.

Резервуари ізотермічні пожежні (рис. 2.29) – теплоізольовані , приладами керування ними і призначені для зберігання зріджених вогнегасних речовин за температури нижче температури навколишнього середовища, а також для їх подачі. Як ГВР у них застосовуються двоокис вуглецю (CO_2), азот (N_2), аргон (Ar).

АСГП із РІП вигідно відрізняються більшою швидкістю перезарядження, меншими витратами на перезарядження та меншою масою системи (приблизно на 60 %). Пожежогасіння досягається як унаслідок зменшення концентрації кисню у повітрі, так і охолодженням під час випаровування конденсованого CO_2 у повітрі.

Типова конструкція РІП передбачає наявність запірно-пускового пристрою, систему контролю рівня чи маси ГВР, систему контролю й підтримання тиску та його аварійного скидання. РІП застосовуються, як правило, у складських і виробничих приміщеннях великого об’єму, центрах логістики, авіаційних ангарах та ін. Найбільш часто у РІП зберігають двоокис вуглецю (CO_2), що зумовлено економічними показниками, рідше у РІП зберігають хладони 23, 227еа, 125.

Найбільш характерний ряд для ізотермічних ємностей – 3; 6; 12; 18; 24 $м^3$. Робочий тиск у них, як правило, не перевищує 2,2 МПа. За вищого тиску система починає його знижувати в автоматичному режимі, або спрацьовує система запобіжного скидання тиску через запобіжні клапани.



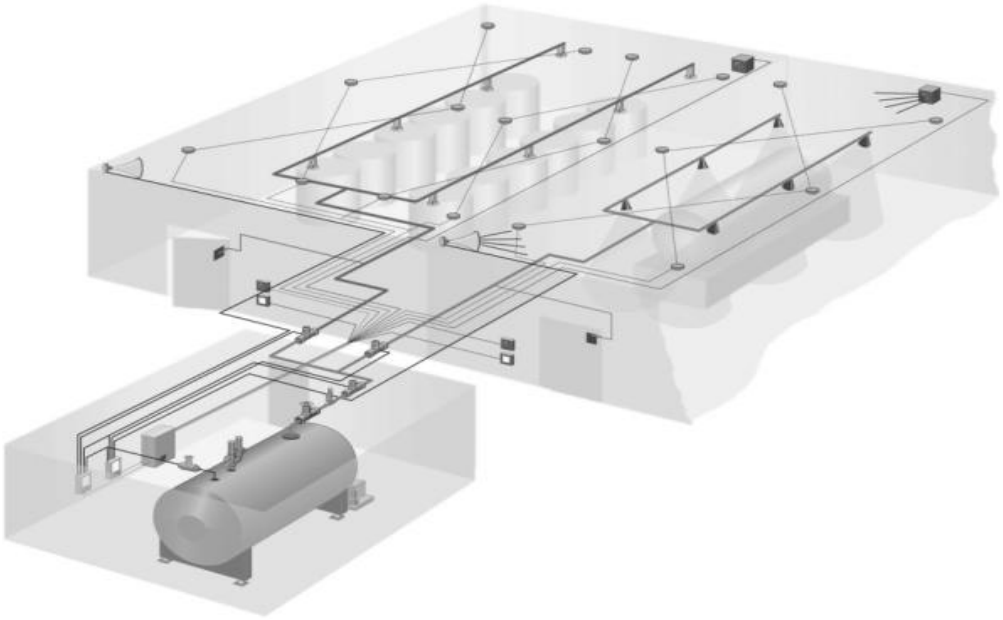


Рис. 2.29 – РІП та структура установки на його основі

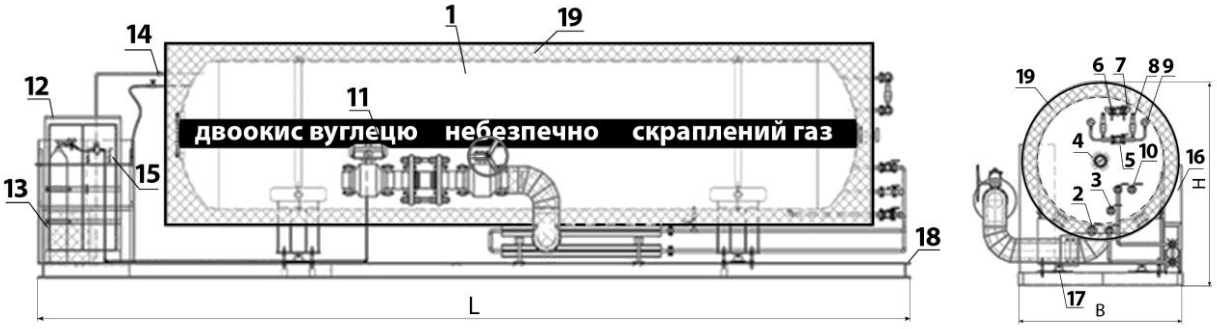


Рис. 2.30 – Конструкція резервуара ізотермічного пожежного:

1 – ізотермічний резервуар циліндричний горизонтальний; 2 – патрубок для рідкої фази; 3 – патрубок газової фази; 4 – рівнемір; 5 – кран триходовий; 6 – запобіжна мембрана; 7 – патрубок для скидання тиску; 8 – запобіжний клапан; 9 – манометр; 10 – кран шаровий; 11 – пневмопровід; 12 – шафа керування пуском; 13 – холодильний агрегат; 14 – випаровувач; 15 – регулятор тиску; 16 – прилад управління пожежний (щит управління та сигналізації); 17 – тензометричний датчик; 18 – рама; 19 – термоізоляція

Конструктивні можливості резервуара забезпечують: заправку, дозаправку і зливання ГВР; тривале зберігання ГВР під тиском, який підтримується автоматично; дозовану видачу ГВР. Термін служби резервуара до першого огляду становить не менше 10 років. Установка резервуара здійснюється на рамі з тензодатчиками, які разом з автоматичною системою підтримки тиску забезпечують безпечну експлуатацію системи та контроль наявності ГВР.

У спрощеному вигляді конструкцію РІП наведено на рис. 2.31.

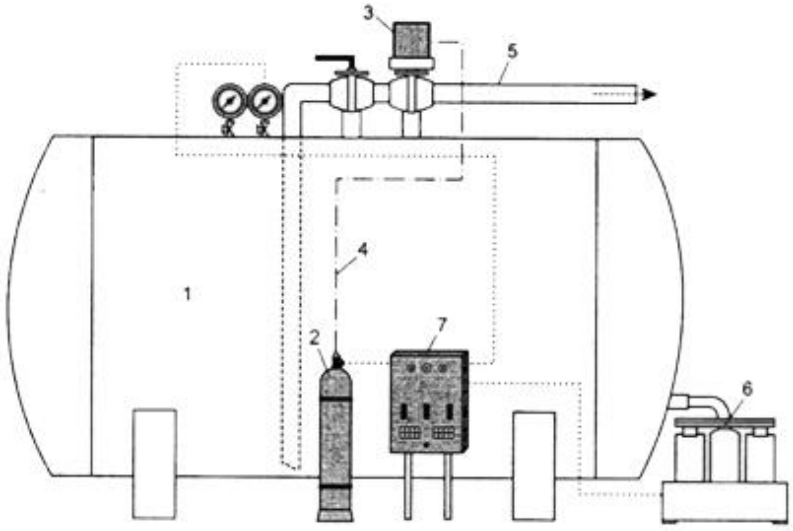


Рис. 2.31 – Спрощена схема РІП:

1 – ізотермічна ємність; 2 – пусковий балон; 3 – запірно-пусковий пристрій; 4 – пусковий трубопровід; 5 – напірний магістральний трубопровід; 6 – магістральний автомат; 7 – прилад управління пожежний (щит управління та сигналізації)

2.7 Алгоритми роботи автоматичних установок газового пожежогасіння

Алгоритми роботи АСГП повинні забезпечити виконання вимог безпеки для людей, що знаходяться у приміщеннях, а з іншого боку, вони мають забезпечити ефективне пожежогасіння, дотримання вимог нормативних документів. Найпростіший алгоритм роботи АСГП полягає в забезпеченні випуску ГВР лише після закінчення встановленого часу, за який люди залишать приміщення, куди подаватиметься ГВР. Розглянемо один із можливих та досить універсальний алгоритм роботи АСГП для захисту боксу газоперекачувального агрегата (ГПА) на газокомпресорній станції.

Технологічна частина АСГП на такому об’єкті, як правило, складається з батарей газового пожежогасіння, магістральних тру-

бопроводів, розподільних трубопроводів, випускних насадок і сигналізаторів тиску. У відсіку пожежогасіння блока системи забезпечення встановлені батареї газового пожежогасіння та сигналізатори тиску на кожен напрямок подачі газової вогнегасної речовини (ГВР). 100 % запас заправлених модулів газового пожежогасіння зберігається на складі компресорної станції. Кожна батарея газового пожежогасіння оснащується електронними ваговими пристроями для контролю за вагою з тензометричними датчиками, що дозволяє здійснювати автоматичний контроль маси ГВР у кожному модулі установки пожежогасіння і, за необхідності, сформувати сигнал про несправності установки за напрямками подачі ГВР. Отримання інформації з тензодатчиків про стан модулів здійснюється з інтервалом 5 с.

АСГП захищаються окремі відсіки ГПА:

– відсік компресора;

– відсік двигуна (1-ша та 2-га черги подачі ГВР);

– відсік оливоагрегатів.

1-ша і 2-га черги подачі ГВР мають розподільчі мережі.

Для захисту відсіку компресора передбачено подачу ГВР від двох батарей, для захисту відсіку оливоагрегатів – подачу ГВР від однієї батареї.

У відсіку двигуна є технологічні поверхні, нагріті вище температури самозаймання турбінної оливи, тому для нього передбачено дві черги подачі ГВР. Випуск 1-ї черги ГВР на гасіння виконують від однієї батареї першої установки й однієї батареї другої установки. Випускають ГВР пролонгованим способом від двох батарей газового пожежогасіння першої установки, що виключає можливість повторного займання і забезпечує флегматизацію протягом часу, достатнього для природного охолодження обладнання до температури, нижчої за температуру самозаймання оливи.

Вибір напрямку подачі ГВР забезпечується спрацьовуванням відповідних розподільчих пристроїв.

Для зменшення величини пускового струму, подача імпульсу на спрацьовування батарей газового пожежогасіння проводиться послідовно із затримкою 0,25 с.

При спрацьовуванні батарей ГВР надходить по колекторах до магістральних трубопроводів і далі – до розподільчих трубопроводів із насадками, через які заповнюється об’єм, що захищається.

При надходженні ГВР у магістральний трубопровід спрацьовує відповідний сигналізатор тиску, і в автоматичну систему керування

надходить сигнал про проходження ГВР у відповідному напрямку гасіння.

Робота АСГП у режимі «авт. пуск включено» відбувається наступним чином. АСГП спрацьовує при надходженні сигналу про пожежу в відсіку від двох пожежних сповіщувачів у систему, яка, у свою чергу видає такі сигнали та імпульси:

– сигнал у систему управління газоперекачувального агрегата для аварійної зупинки працюючого приводного газотурбінного двигуна і відключення систем вентиляції;

– імпульс на включення приладів світлового оповіщення по відсіку, що захищається, та звуковий – по всьому ГПА;

– імпульси на пуск батарей газового пожежогасіння з розрахунковими кількостями ГВР, яка подається у відсік, що захищається.

При роботі АСГП у режимі «авт. пуск відключено» система формує сигнал на пуск батарей газового пожежогасіння після надходження сигналу з пускового модуля (при натисканні кнопки «Пуск») або від кнопок дистанційного пуску біля входів у відсік, що захищається. При цьому видається:

– сигнал у систему автоматичного управління ГПА для «аварійної зупинки» і відключення систем вентиляції;

– імпульс на включення приладів світлового оповіщення по захищуваному відсіку, а звуковий – по всьому ГПА;

– імпульси на пуск батарей газового пожежогасіння з розрахунковими кількостями ГВР, що подається у відсік.

Пуск подачі ГВР у режимах «авт. пуск включено» і «авт. пуск відключено» блокується відкритими дверима відсіку з видачею сигналу «відкриті двері відсіку №…» в систему автоматичного управління і включення світлового оповіщення по відсіку, що захищається, «АСГП викл.».

Електричний пуск АСГП здійснюється із затримкою від моменту формування сигналу «Пожежа» і включення пристроїв оповіщення про евакуацію.

Якщо двигун ГПА працює, то при включеному автоматичному режимі пуску АСГП формує сигнал на випуск ГВР за наступних умов:

– під час пожежі у відсіку двигуна – через 30 секунд після формування автоматичною системою управління сигналу «Пожежа у відсіку двигуна»;

– під час пожежі у відсіку оливоагрегатів – через 30 секунд після формування автоматичною системою управління сигналу «Пожежа у відсіку оливоагрегатів»;

– під час пожежі у відсіку компресора – через 30 секунд після формування автоматичною системою управління сигналу «Пожежа у відсіку компресора».

Якщо двигун ГПА працює, то при відключеному автоматичному режимі пуску АСГП формує сигнал на випуск ГВР при натисканні на кнопку дистанційного пуску біля входу в захищуваний відсік, або на кнопку на пусковому модулі відповідного відсіку:

– по відсіку двигуна – через 30 с;

– по відсіку оливоагрегатів – через 30 с;

– по відсіку компресора – через 30 с.

Якщо двигун газоперекачувального агрегата не працює, то при включеному автоматичному режимі пуску АСГП формує сигнал на випуск ГВР за наступних умов:

– під час пожежі у відсіку двигуна – через 30 секунд після формування автоматичною системою управління сигналу «Пожежа у відсіку двигуна»;

– під час пожежі у відсіку оливоагрегатів – через 30 секунд після формування автоматичною системою управління сигналу «Пожежа у відсіку оливоагрегатів»;

– під час пожежі у відсіку компресора – через 30 секунд після формування автоматичною системою управління сигналу «Пожежа у відсіку компресора».

Якщо двигун газоперекачувального агрегата не працює, то при відключеному автоматичному режимі пуску АСГП формує сигнал на випуск ГВР при натисканні на кнопку дистанційного пуску біля входу в захищуваний відсік, або на кнопку на пусковому модулі відповідного відсіку:

– по відсіку двигуна – через 30 с;

– по відсіку оливоагрегатів – через 30 с;

– по відсіку компресора – через 30 с.

Незалежно від режиму роботи ГПА і режиму роботи АСГП, перший модуль батареї газового пожежогасіння 2-ї черги запускається автоматично через 60 секунд після запуску 1-ї черги, другий і наступні модулі батарей – через 268 с після запуску попереднього модуля 1-ї черги.

За командою «Пожежа» система управління газоперекачувального агрегата здійснює відключення примусової вентиляції у всіх приміщеннях.

Місцевий (ручний) пуск установки пожежогасіння виконується наступним чином:

– з відсіку автоматики проводиться аварійна зупинка роботи приводного двигуна;

– з відсіку пожежогасіння – шляхом натискання кнопки ручного пуску;

– після спрацьовування батареї газового пожежогасіння напряму «перша черга відсіку двигуна» – шляхом натискання кнопок ручного пуску.

2.8 Розрахунок установок газового пожежогасіння

2.8.1 Розрахунок АСГП із двоокисом вуглецю

Визначення маси ГВР, необхідної для створення вогнегасної концентрації та оптимальної інтенсивності подачі, є однією з основних задач розрахунку АСГП і становить певну складність. Це пов'язано зі змінами у витоках газу через нещільності в огороджувальних конструкціях за збільшення об'єму приміщень. У той же час зі збільшенням розмірів будівлі, що захищається, питома витрата газової речовини підвищується, що пояснюється виникненням і посиленням газодинамічних ефектів, які ускладнюють створення вогнегасного середовища. Але у тих випадках, коли пожежа у приміщенні набуває великих розмірів, тільки об'ємний спосіб гасіння є можливим.

З іншого боку, якщо місце виникнення загоряння можна визначити досить точно і пожежа знаходиться на початковій стадії, то більш раціонально забезпечити подачу вогнегасної речовини безпосередньо на гасіння осередку пожежі. При цьому забезпечується значне зменшення витрати вогнегасної речовини, простіше вирішується питання вентиляції приміщення після гасіння і скорочення часу подачі вогнегасних речовин.

При проектуванні систем об'ємного пожежогасіння, крім норм витрати та інтенсивності подачі газу, важливе значення має вибір раціонального способу подачі газу.

Заміщення повітря у приміщенні, що підлягає захисту, можна здійснити двома методами:

– «нашаруванням» чи витисненням повітря, що досягається при повільному (ламінарному) режимі подачі інертного газу;

– турбулентним змішанням і розведенням повітря, що досягається швидкою подачею газу.

Перший режим дає виграш у витраті ГВР, але вимагає великих витрат часу на те, щоб створити вогнегасну концентрацію. Другий режим пов'язаний з великими втратами ГВР, але при цьому скорочується час заповнення приміщення.

Можливості об’ємного способу гасіння значно розширюються при використанні газів у зрідженому стані. Зріджені гази займають об’єм приблизно в 500–700 разів менший, ніж така ж маса газу, і це не вимагає великих зусиль для подачі на гасіння.

Вогнегасні гази мають небезпечні фактори застосування, тому слід детально уявляти особливості впливу таких факторів і правильно застосовувати заходи, що виключають негативні наслідки небезпечних факторів, що можуть виникати при спрацьовуванні установки об’ємного газового пожежогасіння у приміщенні з персоналом.

Для людей у суміжних приміщеннях та у тих, що захищаються, найбільшу небезпеку становлять токсичність газу та (або) зниження концентрації кисню.

Безпечна концентрація діоксиду вуглецю не перевищує 4 % об., небезпечна для життя при короткочасній експозиції – вище 10 % об. Для ефективного пожежогасіння потрібна концентрація CO_2 більше 34 % об., але така атмосфера не придатна для дихання.. Гази азот і аргон є нетоксичними, але при їх вогнегасній концентрація кисню знижується і атмосфера теж стає не придатною для дихання. Зріджені гази при випарюванні та конденсації утворюють водяний туман, і, як наслідок, знижується видимість. Особливо це характерно для CO_2.

Розрахунок системи пожежогасіння розпочинається з визначення кількості CO_2, необхідної для гасіння пожежі. Вихідними даними для розрахунку є розміри приміщення. За основу береться об’єм приміщення, що підлягає захисту, або об’єм закритого простору. Від цього об’єму треба відняти об’єм масивних структурних елементів, таких як фундаменти, колони, балки тощо.

Необхідно враховувати також наступне:
– матеріали, які мають бути захищеними;
– конкретне призначення пожежонебезпечного об’єкта;
– прорізи, які не можуть бути закриті;
– вентиляційні системи, які не можуть бути вимкнені;
– не повинно бути прорізів у підлозі.

Проектну кількість діоксиду вуглецю (у кілограмах) розраховують як:

$$m = K_{\text{В}} \cdot \left(0{,}2A + 0{,}7V\right),$$

де $A = A_V + 30\,A_{OV}$;

$$V = V_V + V_Z - V_G;$$

A_V – загальна площа поверхні всіх стін, підлоги і стелі (включно із прорізами A_{OV}) захищуваного простору, м^2;

A_{OV} – загальна площа поверхні всіх прорізів за припущення, що вони будуть відкриті у разі пожежі, м^2;

V_V – об'єм захищуваного закритого простору, м^3;

V_Z – додатковий об'єм газового середовища, що видаляється протягом тривалості інгібування (див. таблицю 2.13) вентиляційними системами, які не можуть бути вимкнені, м^3;

V_G – об'єм будівельної конструкції, який можна відняти, м^3;

K_B – коефіцієнт, що характеризує захищуваний матеріал, який може дорівнювати одиниці або бути більшим за неї (див. таблицю 2.13).

Коефіцієнт 0,2 характеризує частку діоксиду вуглецю, яка може видалитись і вимірюється у кілограмах на квадратний метр.

Коефіцієнт 0,7 характеризує мінімальну кількість діоксиду вуглецю, яка береться за основу для визначення потрібної маси діоксиду вуглецю і вимірюється у кілограмах на кубічний метр.

Зазначені два коефіцієнти (0,2 і 0,7) враховують вплив співвідношення об'єму приміщення (V_V) та площі поверхні огороджувальних конструкцій приміщення (A_V) на потрібну масу діоксиду вуглецю для захисту приміщення.

Коефіцієнт матеріалу K_B, наведений у таблиці 2.13, треба враховувати під час проектування для горючих матеріалів і конкретних ризиків, які потребують концентрацій CO_2, вищих за нормальну.

Коефіцієнти K_B для об'єктів, які не вказано в переліку таблиці 2.13, треба визначати експериментально.

Для матеріалів, які горять з утворенням жарин, є особливі умови, які треба брати до уваги. У таблиці 2.13 наведено приклади таких матеріалів.

При проектуванні АСГП необхідно враховувати вплив вентиляційної системи, яка не може бути вимкнена до спрацьовування АСГП. Щоб визначити кількість діоксиду вуглецю, яку потрібно використати, об'єм приміщення (V_V) повинен бути збільшений на об'єм повітря (V_Z), який подається до приміщення або виходить з нього в той час, коли воно заповнюється діоксидом вуглецю і протягом часу інгібування, зазначеного в таблиці 2.13. Вплив усіх прорізів, у тому числі повітряних клапанів, розташованих у стінах і стелі на випадок вибуху, які не можуть бути закриті протягом пожежі,

вказано в розрахунку у вигляді A_{OV}. Пористість матеріалів огородження закритого простору або нещільності навколо дверей, вікон, засувок тощо не потрібно розглядати як прорізи.

Таблиця 2.13 – Розрахункові дані для проектування АСГП із діоксидом вуглецю

Горючий матеріал	Коеф. для матеріалу, $K_в$	Проектна концентрація CO2, %	Тривалість інгібування, хв.
1	2	3	4
Пожежі газів і рідин			
ацетон	1	34	–
ацетилен	2,57	66	–
авіаційне пальне марки 115/145	1,06	36	–
бензол, бензин	1,1	37	–
бутадієн	1,26	41	–
бутан	1	34	–
бутен-1	1,1	37	–
дисульфід вуглецю	3,03	72	–
монооксид вуглецю	2,43	64	–
кам'яновугільний або природний газ	1,1	37	–
циклопропан	1,1	37	–
дизельне пальне	1	34	–
диметиловий ефір	1,22	40	–
даутерм	1,47	46	–
етан	1,22	40	–
етиловий спирт	1,34	43	–
етиловий ефір	1,47	46	–
етилен	1,6	49	–
етилендихлорид	1	34	–
етиленоксид	1,8	53	–
газолін	1	34	–
гексан	1,03	35	–
н-гептан	1,03	35	–
водень	3,3	75	–
сірководень	1,06	36	–
ізобутан	1,06	36	–
ізобутилен	1	34	–
ізобутилформіат	1	34	–
JP 4	1,06	36	–
гас	1	34	–
метан	1	34	–
метилацетат	1,03	35	–
метиловий спирт	1,22	40	–

Продовження таблиці 2.13

1	2	3	4
метилбутан-1	1,06	36	–
метилетилкетон	1,22	40	–
метилформіат	1,18	39	–
н-октан	1,03	35	–
пентан	1,03	35	–
пропан	1,06	36	–
пропілен	1,06	36	–
гартувальна, мастильна олива	1	34	–
Пожежі твердих матеріалів			
целюлозовмісні матеріали	2,25	62	20
бавовна	2	58	20
папір, гофрований папір	2,25	62	20
пластмаса (гранульована)	2	58	20
полістирол	1	34	–
поліуретан (отверділий)	1	34	–
Випадки спеціального застосування			
кабельні приміщення і канали	1,5	47	10
приміщення для обробляння даних	2,25	62	20
комп'ютерне обладнання	1,5	47	10
щитові приміщення	1,2	40	10
оливозаповнені трансформатори	2	58	–
приміщення друкарських верстатів	2,25	62	20
обладнання фарбування і сушки	1,2	40	–
прядильні машини	2	58	–

Якщо висувається вимога щодо тривалості інгібування, то прорізи не допускаються, за винятком тих випадків, коли застосовують додаткову кількість діоксиду вуглецю для підтримання необхідної концентрації протягом встановленого часу інгібування.

Якщо співвідношення $R = A_{OV}/A_V > 0{,}03$, то систему треба проектувати як систему локального застосування. Це не виключає використання систем локального застосування у випадку, якщо значення R менше, ніж 0,03.

Якщо R більше, ніж 0,03, і якщо прорізи можуть зазнавати дії вітру, то треба провести натурні випробування за найімовірніших максимально несприятливих умов, щоб отримати погодження уповноваженого органу.

Якщо у двох або більше суміжних просторах, де може мати місце «вільний потік» діоксиду вуглецю, або якщо може існувати можливість поширення вогню з одного простору до іншого, то кількість діоксиду вуглецю повинна дорівнювати сумі кількостей, розрахова-

них для кожного об'єму. Якщо один простір потребує концентрації, більшої за нормальну, цю вищу концентрацію треба застосовувати у всіх суміжних просторах.

Проміжок часу, необхідний для того, щоб подати розраховану за проектом масу діоксиду вуглецю під час гасіння поверхневих пожеж об'ємним способом, не повинен перевищувати 60 секунд, а для АСГП локального застосування – не менше 30 секунд. Для гасіння пожеж твердих матеріалів, наприклад тих, що наведені в таблиці 2.13 як такі, до яких висуваються вимоги щодо тривалості інгібування, проектна кількість повинна подаватися протягом 7 хв, але витрата повинна бути не менша, ніж необхідна для досягнення концентрації 30 % протягом 2 хв.

Задача. Необхідно розрахувати АСГП для приміщення шириною a = 6 м, довжиною b = 11 м, висотою h = 4 м. Приміщення має двері розміром 2 х 1 м та чотири вікна розміром 1,5 х 0,9 метрів. У приміщенні знаходиться комп'ютерне обладнання.

Об'єм V такого приміщення становить:

$$V = a \cdot b \cdot h = 11 \cdot 6 \cdot 4 = 264 \text{ м}^3.$$

Загальна площа поверхні всіх стін, підлоги і стелі (включно із прорізами A_{OV}) захищуваного простору становить:

$$A_V = 2\,(a \cdot b + a \cdot h + b \cdot h) = 2\,(6 \cdot 11 + 6 \cdot 4 + 11 \cdot 4) = 268 \text{ м}^2.$$

Визначимо загальну площу поверхні всіх прорізів (дверей та вікон) A_{OV} за припущення, що вони будуть відкриті у разі пожежі:

$$A_{OV} = 2 \cdot 1 + 4 \cdot 1{,}5 \cdot 0{,}9 = 7{,}5 \text{ м}^2.$$

Визначимо співвідношення $R = A_{OV}/A_V = 7{,}5 \,/\, 268 = 0{,}028$.

Оскільки значення R менше 0,03, то систему будемо розраховувати як систему гасіння об'ємним способом.

Тоді: $A = A_V + 30\,A_{OV} = 268 + 30 \cdot 7{,}5 = 493 \text{ м}^2$.

Визначаємо потрібну масу CO_2 для захисту приміщень:

$$m = K_в \cdot (0{,}2A + 0{,}7V) = 1{,}5 \cdot (0{,}2 \cdot 493 + 0{,}7 \cdot 264) = 425 \text{ кг}.$$

З урахуванням того, що для системи гасіння об'ємним способом час випуску CO_2 не повинен перевищувати 1 хвилину, визначимо витрату діоксиду вуглецю Q:

$$Q = m/t = 425/1 = 425 \text{ кг/хв.}$$

За визначеною масою діоксиду вуглецю, який потрібен для захисту всього об'єкта, обирають вид установки газового пожежогасіння за способом його зберігання, марку установки, необхідну кількість випускних насадок та розраховують розподільчу мережу.

При розміщенні насадок орієнтуються на максимальні відстані між ними, які вказані виробниками у паспортній документації. Найчастіше ці відстані складають 3–4 метри, а відстань до стін 1,5–2 метри. Враховуючи ці розміри, рівномірно розміщаємо насадки на плані приміщення (рис. 2.32).

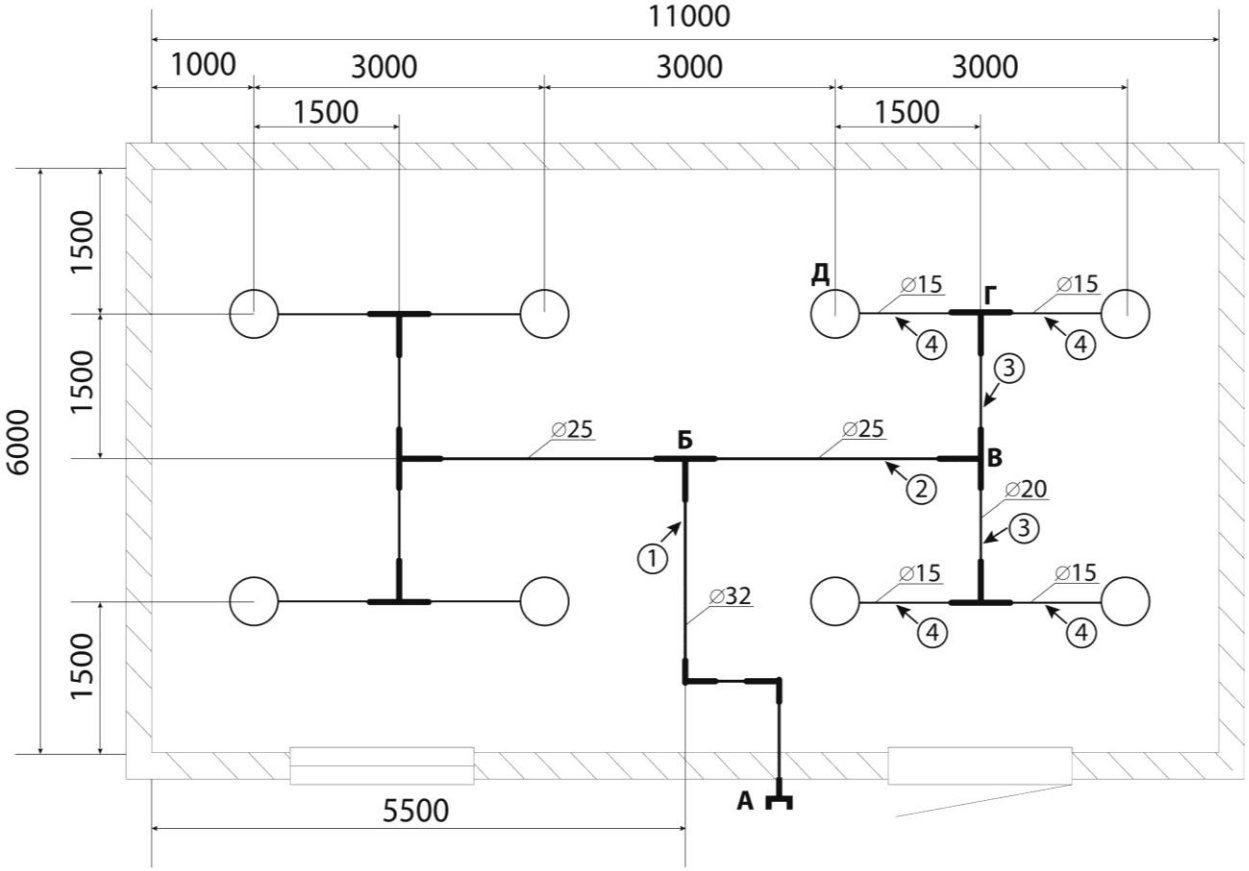


Рис. 2.32 – Збалансована розподільча мережа АСГП високого тиску для захисту приміщення

Наступним кроком є трасування розподільчої мережі, що поєднує насадки з ємностями, в яких зберігається CO_2. Розподільча мережа повинна бути максимально збалансованою (відстані від точки

вводу CO_2 у мережу до кожної з випускних насадок мають бути максимально рівними). Один із варіантів збалансованої розподільчої мережі для приміщення розмірами 6х9 метрів наведено на рис. 2.32.

Тиск у ємності (балоні) з CO_2 є важливим чинником для розрахунку потоку діоксиду вуглецю по розподільчій мережі. Для систем високого тиску його значення залежить від температури навколишнього середовища. Є прийнятним, що нормальна температура навколишнього середовища становить 21 °С. За цієї температури середній тиск у балоні з CO_2 протягом випускання рідкої фази становитиме близько 51,7 бар. Тому таке значення тиску має обиратися для розрахунків, якщо йдеться про системи з високим тиском. Для систем із низьким тиском зберігання (системи зі зберіганням CO_2 у РІП) тиск приймається 20,7 бар.

На рисунку 2.33 наведено графічні залежності відношення $L/D^{1,25}$ та Q/D^2 для систем високого тиску (L – довжина ділянки трубопроводу, D – внутрішній діаметр ділянки трубопроводу, Q – витрати CO_2) за температури 21 °С. Ці номограми можуть бути використані для проектування систем і перевірки можливих витрат. Величина тиску в будь-якій точці трубопроводу може бути одержана шляхом обчислювання значень Q/D^2 і $L/D^{1,25}$. Після цього можуть бути визначені точки на кривій Q/D^2, щоб одержати значення початкового тиску і тиску на виході.

Після рівномірного розміщення насадок на плані приміщення, з урахуванням їх технічних характеристик, і трасування трубопроводів, спираючись на типові проектні рішення, обираємо внутрішні діаметри ділянок трубопроводів для системи високого тиску:

перша ділянка (А–Б): D_1 = 32 мм з довжиною L_1 = 7 м і витратою Q_1 = 425 кг/хв.

Оскільки розподільча система трубопроводів повністю збалансована, то поступово зменшуємо діаметр за розгалуженнями і розподіляємо витрати порівну між рівновеликими трубопроводами.

Друга ділянка (Б–В): D_2 = 25 мм з довжиною L_2 = 3 м і витратою Q_2 = 212,5 кг/хв.

Третя ділянка (В–Г): D_3 = 20 мм з довжиною L_3 = 1,5 м і витратою Q_3 = 106,25 кг/хв.

Четверта ділянка (Г–Д): D_4 = 15 мм з довжиною L_4 = 1,5 м і витратою Q_4 = 53,125 кг/хв.

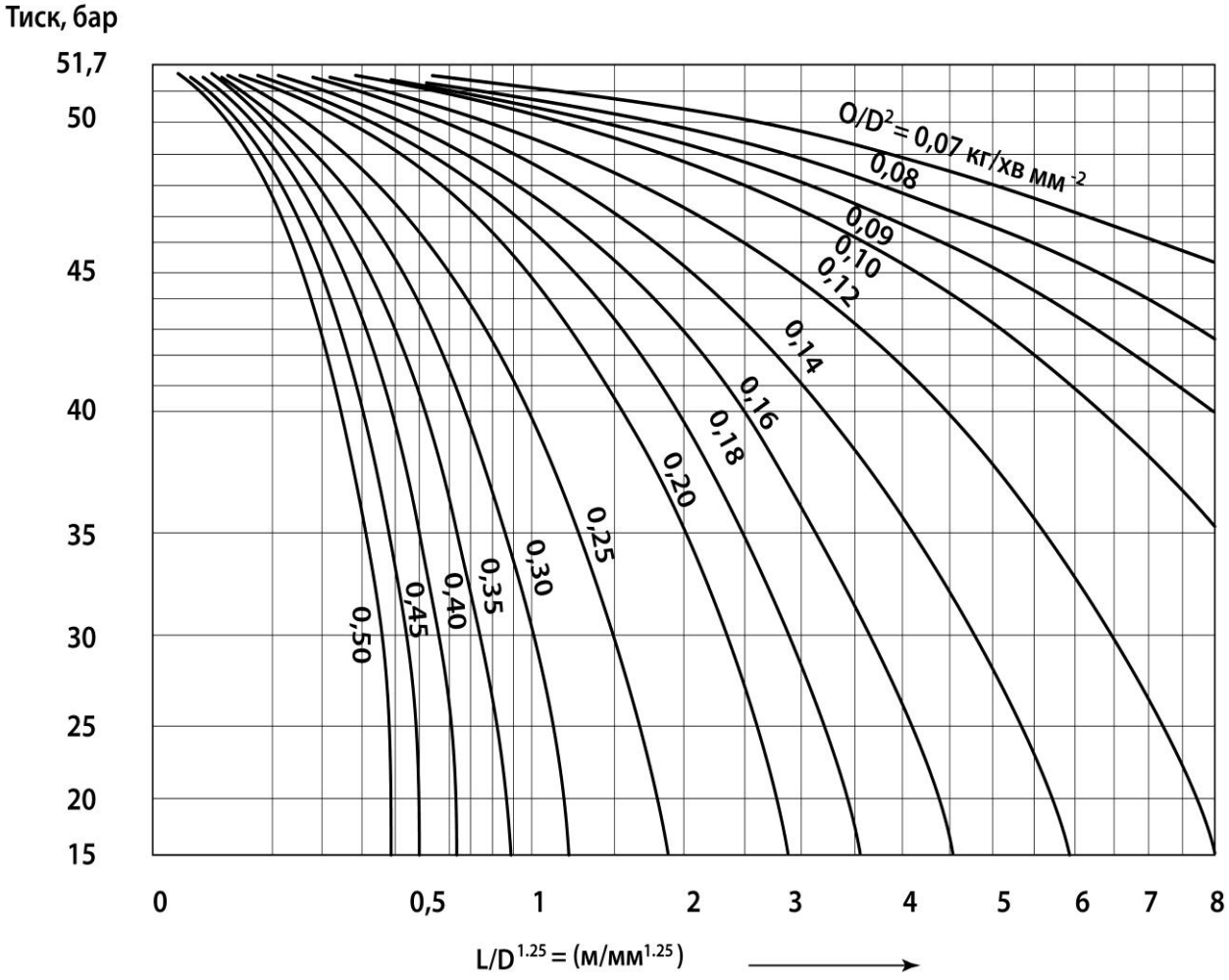


Рис. 2.33 – Падіння тиску у трубопроводі за умови, що тиск у резервуарі становить 51,7 бар

Насамперед обчислюють значення Q/D^2 кожної окремої ділянки трубопроводу (на рис. 2.33 знаходять відповідну криву, або найближче значення до обчисленого):

– перша ділянка: $Q_1/D^2_1 = 425 /32^2 = 0{,}415$ кг/хв·мм^2;

– друга ділянка: $Q_2/D^2_2 = 212{,}5 /25^2 = 0{,}34$ кг/хв·мм^2;

– третя ділянка: $Q_3/D^2_3 = 106{,}25 /20^2 = 0{,}266$ кг/хв·мм^2;

– четверта ділянка: $Q_4/D^2_4 = 53{,}125 /15^2 = 0{,}236$ кг/хв·мм^2.

Визначаємо еквівалентну довжину ділянки з урахуванням типу і діаметра зварних або нарізних трубопровідних фітингів (табл. 2.14 та 2.15), які необхідні для з'єднання окремих ділянок між собою та з елементами установки.

Таблиця 2.14 – Еквівалентна довжина нарізних трубопровідних фітингів

Номінальний розмір труби		Коліно під кутом 45°, м	Коліно під кутом 90°, м	Коліно під кутом 90° великого радіуса та трійники рідинного потоку, м	Трійник, м	З'єднувальна муфта запірного клапана, м
дюйм	мм					
3/8	10	0,18	0,4	0,24	0,82	0,09
1/2	15	0,24	0,52	0,3	1	0,12
3/4	20	0,3	0,67	0,43	1,4	0,15
1	25	0,4	0,85	0,55	1,7	0,18
1 1/4	32	0,52	1,1	0,7	2,3	0,24
1 1/2	40	0,61	1,3	0,82	2,7	0,27
2	50	0,79	1,7	1,1	3,41	0,37
2 1/2	65	0,94	2	1,2	4,08	0,43
3	80	1,2	2,5	1,6	5,06	0,55
4	100	1,5	3,26	2	6,64	0,73
5	125	1,9	4,08	2,6	8,35	0,91
6	150	2,3	4,94	3,08	10	1,1

Таблиця 2.15 – Еквівалентна довжина зварних трубопровідних фітингів

Номінальний розмір труби		Коліно під кутом 45°, м	Коліно під кутом 90°, м	Коліно під кутом 90° великого радіуса та трійники рідинного потоку, м	Трійник, м	З'єднувальна муфта запірного клапана, м
дюйм	мм					
3/8	10	0,06	0,21	0,15	0,49	0,09
1/2	15	0,09	0,24	0,21	0,64	0,12
3/4	20	0,12	0,33	0,27	0,85	0,15
1	25	0,15	0,43	0,33	1,1	0,18
1 1/4	32	0,21	0,55	0,46	1,4	0,24
1 1/2	40	0,24	0,64	0,52	1,6	0,27
2	50	0,3	0,85	0,67	2,1	0,37
2 1/2	65	0,37	1,00	0,82	2,5	0,43
3	80	0,46	1,2	1,00	3,11	0,55
4	100	0,61	1,6	1,30	4,08	0,73
6	150	0,91	2,5	2,00	6,16	1,10

Ділянка від точки А до точки Б має загальну довжину 7 метрів і містить: з'єднувальну муфту діаметром 32 мм для під'єднання розподільчої мережі до запірного клапана (еквівалентна довжина становить 0,24 м за таблицею 2.14); два коліна під кутом 90° діаметром 32 мм (за таблицею 2.14 еквівалентна довжина становить 1,1 м); трійник (еквівалентна довжина за таблицею 2.14 становить 2,3 м). Таким чином еквівалентна довжина першої ділянки дорівнюватиме:

$$L_1 = 7 + 0{,}24 + 1{,}1 + 1{,}1 + 2{,}3 = 11{,}74 \text{ м}.$$

Аналогічним чином визначаємо еквівалентну довжину для другої ділянки, яка має загальну довжину 3 м, діаметр 25 мм і містить трійник діаметром 25 мм:

$$L_2 = 3 + 1{,}7 = 4{,}7 \text{ м}.$$

Для третьої ділянки, яка має загальну довжину 1,5 м, діаметр 20 мм і містить трійник, еквівалентна довжина становитиме:

$$L_3 = 1{,}5 + 1{,}4 = 2{,}9 \text{ м}.$$

Для четвертої ділянки, яка має діаметр 15 мм і довжину 1,5 м та містить коліно під кутом 90°, еквівалентна довжина дорівнюватиме:

$$L_4 = 1{,}5 + 0{,}52 = 2{,}02 \text{ м}.$$

Для першої ділянки трубопроводу розраховуємо значення $\frac{L}{D^{1,25}}$ і $\frac{Q}{D^2}$:

$$\frac{L_1}{D_1^{1,25}} = \frac{11{,}74}{32^{1.25}} = 0{,}154 \quad \text{м/мм}^{1,25};$$

$$\frac{Q_1}{D_1^{\,2}} = \frac{425}{32^2} = 0{,}415 \quad \text{кг/хв} \cdot \text{мм}^{-2}.$$

На осі абсцис (рис. 2.33) знаходимо точку 0,154 і піднімаємо з неї перпендикуляр до перетинання із кривою $\frac{Q_1}{D_1^{\,2}} = 0{,}415$. Визначаємо значення надлишкового тиску рідкої фази вуглекислоти по осі

ординат (рис. 2.33). В даному випадку це значення дорівнює приблизно 46,2 бар.

Визначаємо питому витрату другої ділянки трубопроводу:

$$\frac{Q_2}{D_2^{\ 2}} = \frac{212,5}{25^2} = 0,34 \quad \text{кг/хв} \cdot \text{мм}^{-2}.$$

На номограмі (рис 2.33) на рівні, що відповідає тиску 46,2 бар, проводимо горизонтальну пряму до перетину із кривою, що відповідає питомій витраті 0,34. В точці перетину опускаємо перпендикуляр на ось абсцис та знаходимо її координату – 0,24. Розраховуємо $L/D^{1,25}$ для другої ділянки:

$$\frac{L_2}{D_2^{\ 1,25}} = \frac{4,7}{25^{1,25}} = 0,08 \quad \text{м/мм}^{1,25}.$$

Додаємо отримане значення до точки з координатою 0,24:

$$0,24 + 0,08 = 0,324 \quad \text{м/мм}^{1,25}.$$

В цій точці будуємо перпендикуляр та знаходимо на ньому точку перетину із кривою, що відповідає питомій витраті 0,34. За проекцією цієї точки на вісь ординат визначаємо надлишковий тиск на кінці трубопроводу другої ділянки – 45,2 бар.

Далі вказаний алгоритм повторюється для третьої ділянки трубопроводу.

Визначаємо питому витрату третьої ділянки трубопроводу:

$$\frac{Q_3}{D_3^{\ 2}} = \frac{106,25}{20^2} = 0,266 \quad \text{кг/хв} \cdot \text{мм}^{-2}.$$

На номограмі (рис. 2.33) на рівні, що відповідає тиску 45,2 бар, проводимо горизонтальну пряму до перетину із кривою, що відповідає питомій витраті 0,266. В точці перетину опускаємо перпендикуляр на вісь абсцис та знаходимо її координату – 0,52. Розраховуємо $L/D^{1,25}$ для третьої ділянки трубопроводу:

$$\frac{L_3}{D_3^{\ 1,25}} = \frac{2.9}{20^{1.25}} = 0,07 \quad \text{м/мм}^{1,25}.$$

Додаємо отримане значення до точки з координатою 0,52:

$$0{,}52+0{,}07=0{,}59 \quad \text{м/мм}^{1{,}25}.$$

В цій точці будуємо перпендикуляр та знаходимо на ньому точку перетину із кривою, що відповідає питомій витраті 0,266. За проекцією цієї точки на вісь ординат визначаємо надлишковий тиск на кінці третьої ділянки трубопроводу – 44,4 бар.

Визначаємо питому витрату четвертої ділянки трубопроводу:

$$\frac{Q_4}{D_4^{\,2}}=\frac{53{,}125}{15^2}=0{,}236 \quad \text{кг/хв}\cdot\text{мм}^{-2}.$$

За номограмою (рис. 2.33) на рівні, що відповідає тиску 44,4 бар, проводимо горизонтальну пряму до перетину із кривою, що відповідає питомій витраті 0,236. В точці перетину опускаємо перпендикуляр на ось абсцис та знаходимо її координату – 0,83. Розраховуємо $L/D^{1,25}$ для четвертої ділянки:

$$\frac{L_4}{D_4^{\,1{,}25}}=\frac{2{,}02}{15^{1.25}}=0{,}07 \quad \text{м/мм}^{1{,}25}.$$

Додаємо отримане значення до точки з координатою 0,83:

$$0{,}83+0{,}07=0{,}9 \quad \text{м/мм}^{1{,}25}.$$

В цій точці будуємо перпендикуляр та знаходимо на ньому точку перетину із кривою, що відповідає питомій витраті 0,236. За проекцією цієї точки на вісь ординат визначаємо надлишковий тиск на кінці четвертого трубопроводу – 44,0 бар.

Виходячи з цього значення тиску на виході й витрати 53,125 кг/хв, необхідну площу отвору насадка на кінці кожного відгалуження визначають відповідно до таблиці 2.16 (вона становить близько 27,96 мм^2).

Звертаючись до таблиці 2.16, відзначимо, що питома витрата повинна становити 1,91 кг/хв·мм$^{-2}$ еквівалентної площі отвору, якщо тиск на виході з отвору дорівнює 40 бар.

Таблиця 2.16 – Питома витрата крізь еквівалентну площу отвору для систем високого тиску

Тиск на отворі		**Питома витрата, кг/хв·мм$^{-2}$**
Бар	**МПа**	
51,7	5,17	3,255
50,0	5	2,703
48,3	4,83	2,401
46,5	4,65	2,172
44,8	4,48	1,993
43,1	4,31	1,839
41,4	4,14	1,705
39,6	3,96	1,589
37,9	3,79	1,487
36,2	3,62	1,396
34,5	3,45	1,308
32,8	3,28	1,223
31,0	3,1	1,139
29,3	2,93	1,062
27,6	2,76	0,9843
25,9	2,59	0,907
24,1	2,41	0,8296
22,4	2,24	0,7593
20,7	2,07	0,689
17,2	1,72	0,5484
14,0	1,4	0,4833

Таким чином, необхідна еквівалентна площа отвору *S* для насадка дорівнює загальній витраті, поділеній на величину витрати, віднесену до одного квадратного міліметра:

$$\textit{еквівалентна площа}\quad S = \frac{53{,}125 \quad \text{кг/хв}}{1{,}91 \quad \text{кг/хв}\cdot\text{мм}^{-2}} = 27{,}96 \quad \text{мм}^2 .$$

На практиці проектувальник повинен обрати стандартний насадок, еквівалентна площа отвору якого є найближчою до розрахованої площі. У випадку, якщо площа отвору буде дещо більша, реальна витрата також буде дещо вища, а тиск на виході – дещо нижчим за оцінені 40 бар.

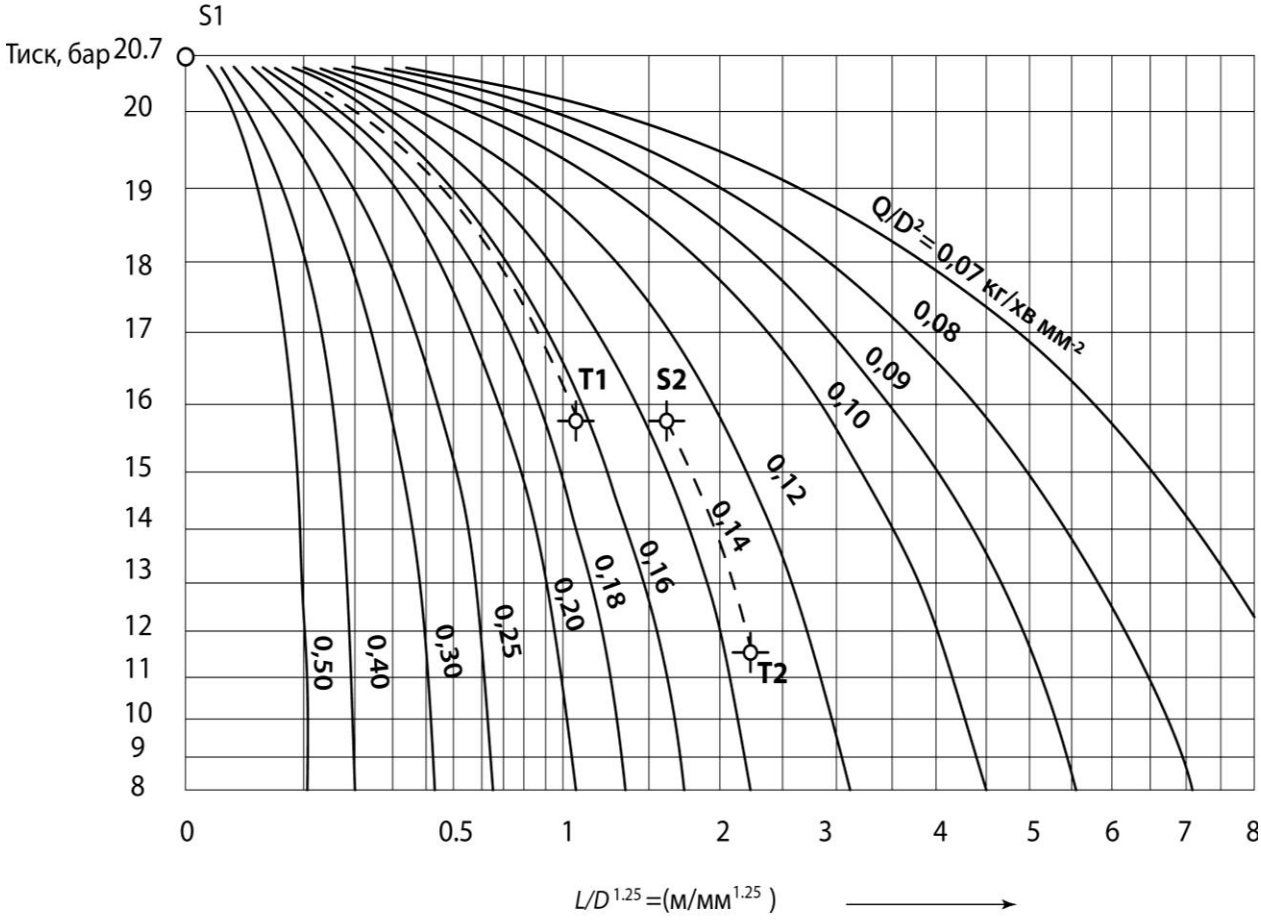


Рис. 2.34 – Падіння тиску у трубопроводі за умови, що тиск у резервуарі становить 20,7 бар

2.8.2 Проектування фреонових АСГП

Розрахунок фреонових АСГП виконується за методиками, які наведено у відповідних ДСТУ на кожний вид ГВР і, як правило, не становить проблем. Як правило, розрахунок таких систем як бонус пропонується фірмами, які реалізують обладнання. Крім того, на сайтах багатьох виробників та дилерів обладнання надається можливість виконати такі розрахунки та роздрукувати результати.

Наведемо приклад розрахунку модульних систем «Імпульс Мікро», який пропонується компанією «БРАНД».

Для можливості застосування у АСГП модулів «Імпульс Мікро» необхідно переконатися в тому, що горючі речовини відносяться до класів А2 або В. Для визначення можливості застосування «Імпульс Мікро» необхідно розрахувати ступінь негерметичності такого об’єкта.

$$P_{\text{нег}} = \Sigma F \,/\, S_{\text{заг}} \cdot 100,$$

де $P_{нег}$ – ступінь негерметичності, %;

ΣF – сумарна площа постійно відкритих прорізів, м^2;

$S_{заг}$ – сумарна площа всіх сторін об'єкта, що підлягає захисту, м^2.

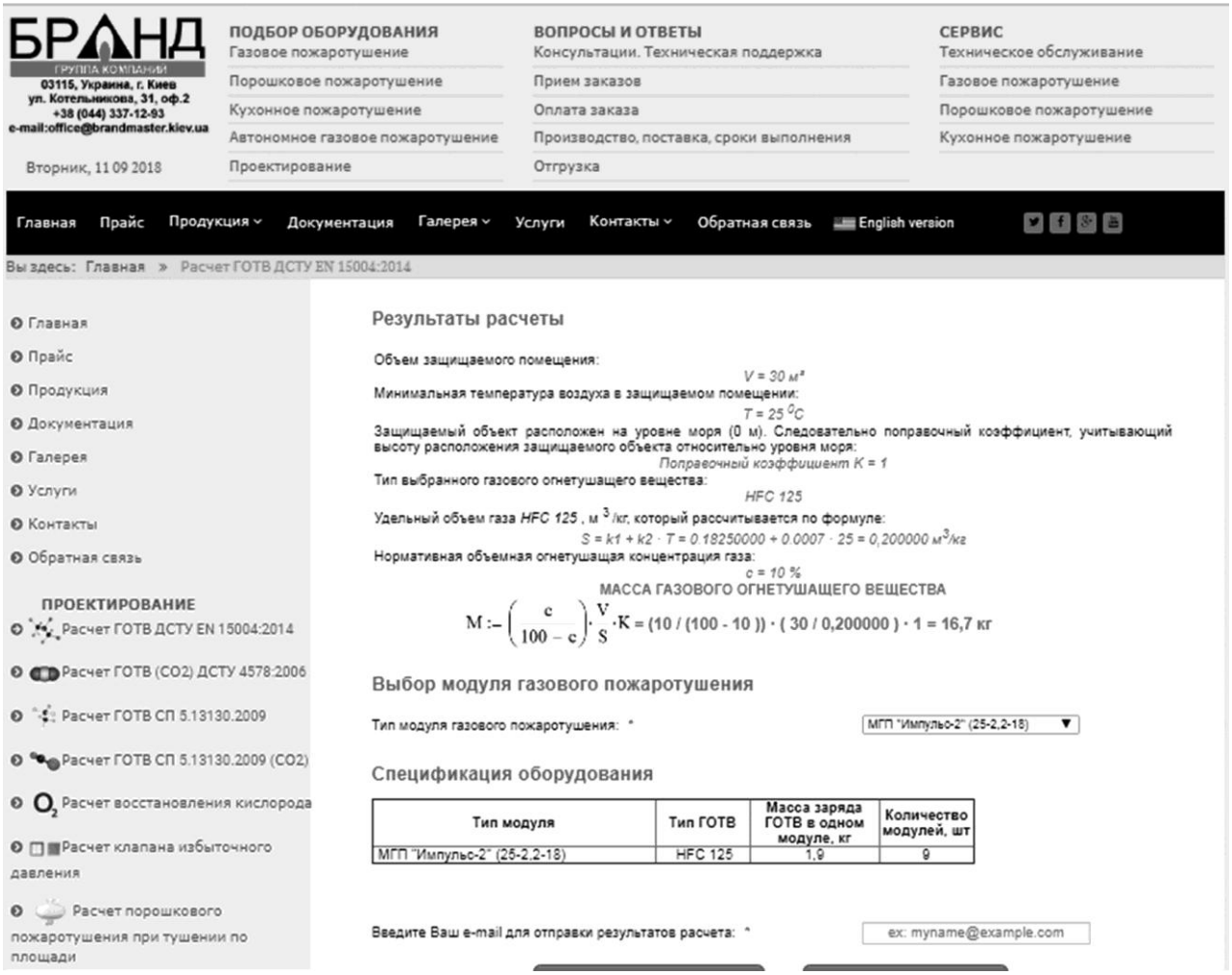


Рис. 2.35 – Програма розрахунку фреонових АСГП на сайті групи компаній «БРАНД»

Модулі «Імпульс Мікро» розраховані для цілей пожежогасіння об'єктів з $P_{нег}$ не більше 5 %. Якщо $P_{нег}$ перевищує 5 % – необхідно передбачити герметизацію отворів (зменшення площі постійно відкритих прорізів) до допустимих значень.

Для вибору типу модуля «Імпульс Мікро» необхідно розраховувати об'єм, що захищається. «Імпульс Мікро» відносяться до типових систем (pre-engineered system) – розрахунок маси вогнегасної речовини проводився на етапі розробки з урахуванням гасіння пожеж класу В (концентрація 11,5 % згідно з ДСТУ EN 15004-4) за мінімальної температури експлуатації (мінус 20 °С) для об'єктів об'ємом 30 л (0,03 м^3), 60 л (0,06 м^3) і 100 л (0,1 м^3).

За наявності об’єму до 30 л (0,03 м^3) – застосовується СПГа «Імпульс-М30».

За наявності об’єму до 60 л (0,06 м^3) – застосовується СПГа «Імпульс-М60».

За наявності об’єму до 100 л (0,1 м^3) – застосовується СПГа «Імпульс-М100».

Контрольні питання до розділу 2

1. Надайте класифікацію установок АСГП.
2. Назвіть газові вогнегасні речовини. Вкажіть їх недоліки та переваги.
3. Розкрийте принципи побудови АСГП.
4. Розкрийте особливості застосування фреонів у АСГП.
5. Назвіть запірно-пускові пристрої АСГП.
6. Розкрийте особливості конструкції АСГП з електричним пуском.
7. Розкрийте особливості конструкції модульних АСГП.
8. Надайте вихідні дані для розрахунку АСГП із CO_2.

РОЗДІЛ 3. АВТОМАТИЧНІ СИСТЕМИ ПОРОШКОВОГО ПОЖЕЖОГАСІННЯ

Коротка історична довідка

Перші згадування про застосування порошкових вогнегасних речовин відносяться до 1770 року, коли артилерійський полковник Рот загасив пожежу в магазині міста Еслінген (Германія), закинувши у приміщення бочку, спеціально начинену для цих цілей алюмінієвими квасцями, що містила пороховий заряд для розпилення порошку.

В Росії ідею порошкового пожежогасіння було реалізовано наприкінці XIX століття. Російським патентним відомством 13 листопада 1863 р. Д. Ляпунову був виданий перший привілей на вогнегасну ревочину. Це був порошок, що складався з 5 частин нашатирю, 12 частин повареної солі й 3 частин очищеного поташу. Таку суміш необхідно було розчиняти у воді, а потім насосом подавати в осередок пожежі. Санкт-Петербурзький брандмайор дав позитивний висновок на нову порошкову речовину.

Через десятиліття після видачі першого привілею кількість патентованих засобів різко зросла. Заповзятливі іноземці намагалися одержати привілеї на свої речовини в Росії й відкрити тут власне виробництво, наживаючи на цьому величезні бариші. Одним із таких підприємців був німецький промисловець Шліппе. В 1880 р. він одержав привілей на вогнегасну сполуку для патрона, що складалася із сірчанокислого натрію й натрієвих квасців. Виступаючи на хімічній секції Першого з'їзду російських діячів з пожежної справи в червні 1892 р., А. Н. Кюн спеціально відзначив, що ціна цих патронів є досить високою.

Наприкінці минулого століття в Росії реалізується ідея порошкового пожежогасіння. Н. Б. Шефталем був створений підривний вогнегасник «Пожарогаз», заповнюваний двовуглекислою содою, квасцями або сірчанокислим амонієм із додаванням до них до 10 відсотків інфузорної землі й такої ж кількості азбестових очосів. Випускався такий вогнегасник вагою 4, 6 і 8 кг. Вибух пороху наступав через 12–15 сек. після запалення бікфордова шнура, причому через кожні 3–4 сек. вибухали з'єднані зі шнуром хлопавки, що попереджали про швидке настання вибуху.

За кордоном засоби порошкового пожежогасіння до середини 60-х років досягли певного рівня розвитку. У провідних країнах уже застосовувалися порошкові вогнегасники, стаціонарні установки й автомобілі. Найбільш повно гаму цих виробів було представлено західнонімецькими фірмами «Тоаль», «Мінімакс» і французькою «Біро».

У Радянському Союзі під керівництвом М. Н. Ісаєва були проведені роботи з дослідження руху порошків на бікарбонатній основі, з метою підготовки методики розрахунку та проектування установок стаціонарного пожежогасіння. Основу досліджень склали експериментальні роботи з визначення закономірностей руху вогнегасних порошків на бікарбонатній основі ПСБ-1 по трубах і гумотканинних рукавах з установки, що забезпечує транспортування суміші із середньою концентрацією. Результати роботи й методика розрахунку були представлені відповідними номограмами.

За результатами проведених робіт під керівництвом М. Н. Ісаєва були підготовлені й видані рекомендації із проектування та розрахунку стаціонарних установок з гасіння трансформаторів і спиртів у резервуарах. Рекомендації поширювались також на умови пожеж інших легкозаймистих горючих рідин і технологічного устаткування. Зазначені рекомендації служать одним з основних джерел для проектування стаціонарних установок порошкового пожежогасіння й у цей час.

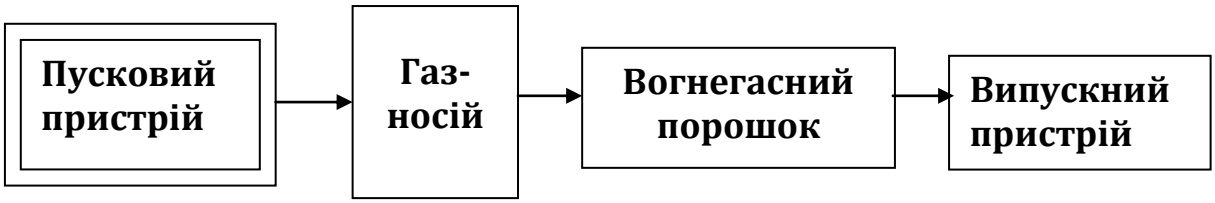
Новим кроком у розвитку порошкового пожежогасіння стало створення в 1977 р. спеціалізованої Київської філії ВНДІПО. Зусиллями колективу співробітників під керівництвом В. А. Надубова було підготовлено апаратурну, технологічну й полігонну базу, що дозволило вести роботу відразу в декількох напрямках – як з вивчення механізму вогнегасної дії порошків, пошуку нових рецептур вогнегасних порошків, технології їхнього виготовлення, так і щодо широкомасштабних всебічних випробувань.

Сформульовані вимоги до систем пожежогасіння за об’ємом, локального пожежогасіння за площею й об’ємом залежно від способів подачі вогнегасного порошку більшою мірою ґрунтуються на закономірностях, отриманих дослідним шляхом. При цьому, як правило, фізико-хімічні особливості властивостей вогнегасних порошків не враховуються, а даються загальні рекомендації.

3.1 Сфера застосування і класифікація систем порошкового пожежогасіння

Система порошкового пожежогасіння (СППГ) – це комплекс технічних засобів, призначений для гасіння пожежі за допомогою вогнегасних порошків (ВП). Принцип дії систем порошкового пожежогасіння базується на псевдоскрапленні шару порошку при витіканні робочого газу в порожнину корпуса з наступним викидом ВП у зону виникнення пожежі.

Схематично систему порошкового пожежогасіння можна представити наступним чином:



СППГ можна використовувати для різноманітних способів пожежогасіння, у тому числі для флегматизації та придушення вибухів. Згідно з наведеними даними з довідника Баратова «Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения» (таблиця 3.5) [3] за допомогою вогнегасних порошків гасяться всі класи пожеж (A, B, C, E, D). Вони володіють високою вогнегасною здатністю, швидкодією, універсальністю, економічністю, доступністю, можливістю застосування в умовах низьких температур, коли використання води, піни, двоокису вуглецю й інших засобів є неефективним, економічно невигідним або неприпустимим. Ці переваги обумовлюють широке застосування вогнегасних порошкових систем у нашій країні.

Системи не призначені для гасіння:

– глибоко проникаючих пожеж твердих тліючих горючих речовин (клас А1 за ГОСТ 27331);

– горючих речовин, схильних до самозаймання і тління всередині об’єму речовин, а також піrофорних речовин і матеріалів, схильних до тління і горіння без доступу повітря;

– горючих газів (клас С).

Системи так само не розраховані на роботу в середовищах, що містять їдкі гази або пари в концентраціях, що руйнують метал.

Згідно з ДБН В.2.5-56:2014 [1] системи порошкового пожежогасіння можна класифікувати за наступними ознаками:

а) *за способом гасіння* на:

– системи пожежогасіння об’ємним способом;

– системи пожежогасіння поверхневим способом;

– системи пожежогасіння локального пожежогасіння об’ємним способом;

– системи пожежогасіння локального пожежогасіння поверхневим способом;

б) *за способом пуску* на:

– автоматичні системи з дублюючим ручним пуском (місцевим і (або) дистанційним) – ;

– автономні системи модульного типу;

в) *за способом автоматичного пуску* на:

– системи пожежогасіння з електричним пуском;

– системи пожежогасіння із пневматичним пуском;

– системи пожежогасіння з механічним пуском;

– системи пожежогасіння з комбінованим пуском.

г) *за конструктивним виконанням* на:

– системи пожежогасіння з розподільчою трубопровідною мережею;

– нетрубопровідні системи пожежогасіння модульного типу із запірно-розпилювальними пристроями;

– системи пожежогасіння з лафетним стволом;

– системи пожежогасіння з ручним стволом;

д) *за видом джерела робочого газу* на:

– системи пожежогасіння із зовнішнім автономним джерелом стиснутого робочого газу;

– системи пожежогасіння із зовнішнім централізованим джерелом стиснутого робочого газу;

– системи пожежогасіння з газогенеруючим елементом;

– системи закачувального типу;

Залежно від класу можливої пожежі (згідно з ГОСТ 27331) на об’єкті, що захищається, установки повинні заряджатись ВП відповідної марки. Як робочий газ в установках порошкового пожежогасіння використовуються стиснуте повітря, азот газоподібний, двоокис вуглецю. Робочий газ має задовольняти такі вимоги:

– стиснуте повітря – не вище 9-го класу забрудненості згідно з ГОСТ 17433;

– азот газоподібний вищого або першого ґатунку згідно з ГОСТ 9293 (ISO 2435);

– двоокис вуглецю вищого або першого ґатунку згідно з ГОСТ 8050.

Точка роси робочого газу повинна бути нижчою за мінімальну температуру експлуатації установки не менш ніж на 5 °С.

Системи повинні бути забезпечені на 100 % відносно розрахункового запасу ВП і робочого газу, який зберігається на об’єкті, з метою забезпечення оперативного перезаряджання установки після її спрацьовування. У випадку захисту об’єкта модульними установками порошкового пожежогасіння на його складі повинні зберігатися запасні модулі, кількість і типорозмір яких забезпечують 100 % заміну модулів для захисту найбільшого приміщення вказаного

об’єкта. Запасні модулі допускається зберігати на складах підприємств і організацій, які здійснюють технічне обслуговування модульних систем порошкового пожежогасіння для можливості оперативної доставки модулів на об’єкт.

У випадках, коли можливе повторне займання горючого матеріалу, належить передбачати 100 % резерв ВП, який повинен зберігатися в окремих резервуарах (модулях) і надходити, за необхідності, у зону, яка захищається, після спрацьовування першої черги установки. Для включення другої черги установки і подачі резерву ВП у зону допускається застосування дистанційного керування.

Системи об’ємного пожежогасіння призначені для створення середовища, що не підтримує горіння у всьому об’ємі приміщення, що захищається, і можуть застосовуватися тільки для захисту об’єктів, що являють собою замкнутий простір, причому загальна площа прорізів в огородженні, що не закриваються перед спрацьовуванням установки, не повинна перевищувати 15 % від сумарної площі будівельних огороджувальних конструкцій. При площі відкритих прорізів менше 1 % приміщення вважається умовно герметичним. Якщо ступінь негерметичності більше 1 %, то необхідно передбачати додаткову кількість ВП для компенсації втрат через відкриті прорізи.

Не рекомендується застосовувати системи об’ємного пожежогасіння для захисту приміщень об’ємом більш ніж 1000 м^3.

Для захисту приміщень об’ємом понад 1000 м^3, як правило, застосовуються системи пожежогасіння поверхневим способом або локального пожежогасіння об’ємним або поверхневим способами.

За конструктивним виконанням системи пожежогасіння об’ємним способом є, як правило, системами з розподільною мережею трубопроводів, у яких встановлюються розпилювачі, або установками на основі модулів порошкового пожежогасіння із запірно-розпилювальними пристроями, встановленими безпосередньо на резервуарах.

Конструкція розподільної мережі повинна забезпечувати рівномірний розподіл ВП, що подається, між встановленими в ній розпилювачами. Об’єм, що захищається кожним розпилювачем, витрата ВП, що ним забезпечується, висота розміщення і відстань між розпилювачами мають відповідати вимогам технічної документації на відповідні види установок і розпилювачів.

Розпилювачі повинні розміщуватись так, щоб забезпечувалось зрошування всієї зовнішньої поверхні обладнання, що підлягає за-

хисту. Відстань від розпилювачів до поверхні обладнання, що підлягає захисту, повинна регламентуватись паспортом на відповідний розпилювач і становить, як правило, від 2 до 4,5 м.

Висота розміщення, взаємне розташування модулів із запірно-розпилювальними пристроями, встановленими безпосередньо на резервуарах, мають відповідати вимогам, вказаним у технічній документації на модулі.

Системи локального пожежогасіння призначені для створення середовища, що не підтримує горіння в локальному об'ємі, та застосовуються в тих випадках, коли технічно неможливо або економічно недоцільно застосовувати установки об'ємного пожежогасіння.

При виборі виду системи локального пожежогасіння належить враховувати співвідношення максимальної висоти обладнання ($h_З$), яке захищається, та висоти розташування розпилювачів ($H_р$). При $h_З/H_р > 0{,}5$ належить застосовувати установки локального пожежогасіння об'ємним способом, а при $h_З/H_р \leq 0{,}5$ – установки локального пожежогасіння поверхневим способом або установки пожежогасіння поверхневим способом.

Розрахункова величина зони, що захищається системою локального пожежогасіння за об'ємом, визначається як добуток площі основи і висоти агрегата або технологічної установки, що підлягає захисту. При цьому всі габаритні розміри (довжина, ширина, висота) збільшуються відносно фактичних на 15 % кожний.

При використанні *системи локального пожежогасіння поверхневим способом* розрахункова величина зони, що захищається, приймається рівною площі об'єкта, який захищається, збільшеній на 15 %. При цьому площа такого об'єкта приймається рівною більшому зі значень: добутку його габаритних розмірів (довжини і ширини) або площі можливого горіння, обмеженої спеціальними негорючими конструктивними елементами.

У випадку захисту об'єкта з наявністю горючих рідин мають бути передбачені заходи з метою відвернення їх розливання та розбризкування за межі зони захисту (відбортування, влаштування аварійного зливання, екрани тощо).

При проектуванні систем локального порошкового пожежогасіння за площею відповідно до ГОСТ 12.1.004, на об'єкті, що підлягає захисту, мають бути виконані заходи щодо обмеження можливої площі пожежі величиною, яка не перевищує паспортного значення вогнегасної спроможності установки, яка застосовується.

У приміщеннях, які мають технологічні площадки і вентиляційні короби завширшки або діаметром більше 0,75 м, має бути встановлений додатковий розподільний трубопровід із розпилювачами під площадками і коробами.

Системи з лафетними стволами застосовуються для захисту об'єктів, де є неможливим використання розподільних мереж (велика висота приміщень, інтенсивне використання підйомно-транспортних засобів тощо), і повинні розміщуватись у легкодоступних місцях так, щоб забезпечувалась можливість маневрування стволом в усьому робочому діапазоні, а порошковий струмінь, враховуючи його ефективну дальність, міг досягти найвіддаленішої межі зони захисту.

Розміри зони, що захищається установкою з лафетним стволом, не повинні перевищувати паспортних значень, встановлених заводом-виробником відповідної установки.

Система з лафетним стволом повинна забезпечити нормативне подавання ВП не менше 8 кг·м$^{-2}$ можливої площі пожежі з інтенсивністю не менше 0,4 кг·с$^{-1}$·м$^{-2}$. Тривалість безперервного подавання вогнегасного порошку має бути не менше 20 с.

Системи локального пожежогасіння поверхневим способом із ручними стволами призначені для гасіння пожеж операторами у визначених пожежонебезпечних зонах і можуть застосовуватись як самостійно, так і як доповнення до установок із розподільчими мережами або установками на основі модулів порошкового пожежогасіння із запірно-розпилювальними пристроями, встановленими безпосередньо на їх резервуарах.

Витрата ВП, що подається через ручний ствол, повинна становити від 3,5 кг·с$^{-1}$ до 5,0 кг·с$^{-1}$, тривалість подавання має становити не менше 30 с, норма подавання – не менше 6 кг·м$^{-2}$, інтенсивність – не менше 0,2 кг·с$^{-1}$·м$^{-2}$.

Ефективність систем порошкового пожежогасіння залежить від багатьох факторів:

– витрати (при об'ємному гасінні) та інтенсивності подачі (під час гасіння по площі) вогнегасного порошку;

– висоти, довжини розподільчої мережі, кількості колін і поворотних радіусів (місцевих опорів);

– наявності і місць розташування прорізів;

– класу пожежі;

– коефіцієнта заповнення приміщення, наявності «тіньових зон»;

– способу подачі вогнегасного порошку (зверху, збоку).

Тактичні прийоми подачі вогнегасного порошку є досить різноманітними.

3.2 Вогнегасні порошки, що застосовуються в установках пожежної автоматики

Вогнегасна здатність порошків обумовлена дією таких факторів: охолодженням зони горіння внаслідок витрат тепла на нагрів частинок порошку, їх часткове випаровування і розкладання в полум'ї; розбавленням горючого середовища газоподібними продуктами розкладання порошку або безпосередньо порошковою хмарою; ефектом вогнеперешкоджання, що досягається при проходженні через вузькі канали, мовби створювані порошковою хмарою; інгібуванням хімічних реакцій, що зумовлюють розвиток процесу горіння, газоподібними продуктами розкладання і випаровування порошків або гетерогенним обривом ланцюгів на поверхні порошків або твердих продуктів їх розкладу [3].

Згідно з міжнародними стандартами [4] вогнегасне порошкове середовище визначається як дрібнодисперсна суміш твердих солей, що включає один або більше основних (активних) компонентів із певними добавками, які перешкоджають злежуванню та грудкуванню речовини і забезпечують її високу здатність до витікання.

Як основні компоненти використовуються карбонати і бікарбонати лужних металів ($KHCO_3$, $NaHCO_3$, K_2CO_3, Na_2CO_3), фосфати амонію ($NH_4H_2PO_4$, $(NH_4)_2HPO_4$), оксалати і галогеніди лужних металів, сечовина, цитрат лужних металів, магнію гідроксид та ін. Добавки включають інертні (тальк, графіт, цеоліт, оксид кремнію) і гідрофобізуючі речовини (кремнійорганічні рідини), що поліпшують вологовідштовхувальні властивості та здатність до вільного витікання. Вміст основного компонента повинен бути вище 80 мас.%, тоді як вміст добавок не має перевищувати 20 мас.%.

Основні компоненти порошків:

- негорюча основа – 90...95 %;
- гідрофобізатор – 3...5 %;
- депресант – 1...3 %;
- антиоксиданти – 0,5...2 %;
- цільові добавки – 1...3 %.

Перелік основних показників якості вогнегасних порошків:

- показник вогнегасної здатності – маса порошку, необхідна для гасіння з вогнегасника одиниці площі відкритої палаючої поверхні або всього осередку пожежі, взятого як модельний;

• плинність – здатність порошку забезпечувати масову витрату через певний переріз в одиницю часу під впливом тиску виштовхувального газу;

• уявна щільність – відношення маси порошку до займаного ним об'єму;

• стійкість до термічного впливу;

• стійкість до вібродій та трясіння;

• показник злежуваності – показник, що характеризує здатність вогнегасного порошку злежуватися під впливом зовнішніх факторів;

• термін зберігання.

Вогнегасна здатність порошків залежить не тільки від хімічної природи порошків, але і ступеня їх подрібнення. Чим дрібнішими є частки порошку, тим більшою є площа їх поверхні й тим вищою їх ефективність. Однак можливість подання дуже дрібних порошків у зону горіння є ускладненою, тому промислові вогнегасні порошки загального призначення містять фракцію 40–80 мкм, що забезпечує доставку дрібних фракцій у зону горіння.

Проведені дослідження показали, що жоден порошок не справляє великого охолоджувального ефекту, але деяке охолодження порошки забезпечують тому, що мають більш низьку температуру, ніж палаючий матеріал, і теплота передається від більш гарячої речовини до більш холодного порошку.

Під час подачі вогнегасного порошку в зону горіння утворюється непрозора хмара, що забезпечує екранування теплоти випромінювання; при цьому зменшується кількість теплоти, випромінюваної в напрямку пожежі. Зменшується кількість пари горючої речовини, що утворюється.

Передбачається, що вогнегасні порошки активно беруть участь у перериванні ланцюгової реакції.

Розрізняють порошки *загального* і *спеціального* призначення.

Порошки загального призначення використовують для гасіння пожеж звичайних (органічних) горючих матеріалів, легкозаймистих (ЛЗР) і горючих рідин (ГР), наприклад різних нафтопродуктів, розчинників, вуглеводневих зріджених газів, твердих матеріалів. Гасіння досягається шляхом гетерогенної рекомбінації активних центрів (перебудовою активних центрів молекул H, C, CO та ін. при зіткненні із твердою поверхнею часток порошку) створення порошкової хмари, що створює ізоляцію, вогнегасіння та інгібізацію осередку загоряння.

Порошки спеціального призначення використовують для гасіння конкретних горючих речовин і матеріалів, припинення горіння яких досягається шляхом ізоляції палаючої поверхні від окисного середовища (найчастіше це повітряне середовище).

Вогнегасна здатність *порошків загального призначення* залежить від їх дисперсності (величини розмірів часток), тобто зі зменшенням часток вогнегасна здатність збільшується. Для *порошків спеціального призначення* такої залежності практично не існує.

Найбільш застосовувані вогнегасні порошки та їх нормована питома витрата наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Основні марки порошкових сполук

№ п/п	Марка	Клас пожежі	Основний компонент	Вогнегасна здатність (кг/м²)	Країна-виробник
1	ПСБ-3	В,С,Е	бікарбонат натрію	1,5…2	Україна
2	ПФ	А, В,С,Е	діафоній фосфат	1,5…2	Україна
3	П-1А	А, В,С,Е	амофос	2,5…3,5	Україна
4	СИ-2	В,С,Е	силікагель та хладон 114В2	0,3	Росія
5	СИ-2	піrофорні металоорганічні сполуки, Д	силікагель та хладон 114В2	20	Росія
6	ПС	Д	карбонат натрію	До 50	Україна
7	ВСЕ-100	В,С,Е	бікарбонат натрію	1,5…2	Германія
8	Р-11-24	А, В,С,Е	фосфорно-амонійні солі	1,5…2	Франція
9	«Монекс»	В,С,Е	плавсечовини та карбонату калію	0,7…1,2	Англія
10	«Карате»	В,С,Е	сульфат калію	1,4…2	Германія
11	«Фаворит-М»	Д	хлорид натрію	5	Германія

З табл. 3.1 випливає, що з *порошків загального призначення* найбільш ефективним є «Монекс». Підвищена ефективність цього порошку зумовлена його здатністю розтріскуватися у полум'ї з утворенням дуже дрібних частинок. Порівнюючи однотипні вітчизняні та зарубіжні порошки, можна дійти висновку, що вони володіють приблизно однаковою вогнегасною здатністю і близькими експлуатаційними властивостями.

Вогнегасні порошки є складними гетерогенними системами, тому вони володіють специфічними властивостями й особливо-

стями, від яких залежить їх вогнегасна здатність. Хімічний склад порошків характеризує як їх вогнегасну дію, так і їх експлуатаційні властивості. Такі солі, як, наприклад, йодиди і броміди лужних металів, фосфат амонію, володіють добрими вогнегасними властивостями, але є гігроскопічними і в сильній мірі схильні до злежування. Інші солі, як, наприклад, фториди металів, сульфат амонію, володіють добрими експлуатаційними властивостями, але не здатні ефективно гасити полум'я. При розробці вогнегасних порошків підбирають солі, які задовольняють обом вимогам, або солі піддають спеціальній обробці. Ефективність використання порошків залежить також від способу та умов їх подачі в осередок пожежі. В наш час домінує пневматичний спосіб подачі, що полягає у витисненні порошку з посудини стисненим газом.

Найбільш застосовуваними вітчизняними порошками є порошок П-2АП та П-2АПМ, що виробляються Костянтинівським державним хімічним заводом, і порошок «Пірант-А», виробником якого є ВАТ «Содовий завод» (м. Слов'янськ).

Таблиця 3.2 – Технічні характеристики П-2АП і Пірант-А

Показники	**Значення**	
	П-2АП	**Пірант-А**
Показники вогнегасної здатності під час гасіння пожеж класу А, не більше, кг/м^2	0,42	0,42
Показники вогнегасної здатності під час гасіння пожеж класу В, не більше, кг/м^2	0,8	0,8
Масова частка вологи, не більше, %	0,5	0,5
Насипна щільність – неущільненого порошку, не менше, кг/м^3 – ущільненого порошку, не менше, кг/м^3	 700 900	 700 900
Стійкість до термічної дії, не менше, %	95	90
Стійкість до вібрації, не менше, %	95	85
Температурний діапазон застосування	-50÷+60^{0}С	-50÷+50^{0}С
Колір порошку	білий	білий, блакитний, фіолетовий
Термін збереження, не менше, років	10	5

Стійкість ВП до термічної дії – це здатність вогнегасного порошку зберігати свої властивості при тривалому тепловому впливі.

Стійкість ВП до вібрації – це здатність вогнегасного порошку зберігати свої властивості при тривалому вібраційному впливі.

До найбільш відомих імпортних порошків відносяться:

– ВП загального призначення «Монекс» (Англія) для гасіння пожеж класу В, С, Е, основним компонентом якого є сполука сечовини і карбонату калію, вогнегасна здатність якого становить 0,7÷1,2 кг/м^2;

– ВП спеціального призначення серії «Фаворит» (Німеччина) для гасіння пожеж класу Д, основним компонентом якого є хлорид натрію, вогнегасна здатність якого – 5 кг/м^2.

3.3 Приклади технічної реалізації установок порошкового пожежогасіння

Агрегатна система порошкового пожежогасіння – це пристрій, що складається з елементів, кожний з яких виконує характерну для нього (елемента) функцію. До основних елементів АСПП відносяться: ємність із вогнегасним порошком; ємність із витісняючим газом (для створення надлишкового тиску в корпусі з вогнегасним порошком і подачі вогнегасної речовини в осередок горіння), запірно-пускова арматура (запобіжний і граничний клапани, пристрій ручного пуску), розподільний трубопровід, а також насадок-розпилювач (пристрій для випуску і розподілу вогнегасного порошку в об’ємі, що підлягає захисту).

Модуль порошкового пожежогасіння (МПП) – це пристрій, що поєднує функції виявлення пожежі, збереження і подачі вогнегасного порошку в осередок пожежі за досягнення граничного значення вхідного сигналу, тобто всі елементи схеми сполучені в одному пристрої. Для МПП є характерною невелика розподільча мережа або її відсутність. Відомі системи порошкового гасіння, коли гасіння об’єкта, наприклад машини, здійснюється декількома модулями, що дозволяє уникнути протяжних розподільчих мереж, варіювати висоту, перекриваючи окремі пожежонебезпечні вузли і «мертві» зони.

3.3.1 Системи порошкового пожежогасіння із зовнішнім автономним джерелом стиснутого робочого газу

У СРСР був освоєний серійний випуск автоматичних систем порошкового пожежогасіння серії ОПА (вогнегасник порошковий автоматичний), які виробляються та використовуються до теперішнього часу. Ці системи випускалися трьох видів: ОПА-50, ОПА-100 і ОПА-250. Цифровий індекс установок позначає кількість (у кілограмах) вогнегасного порошку.

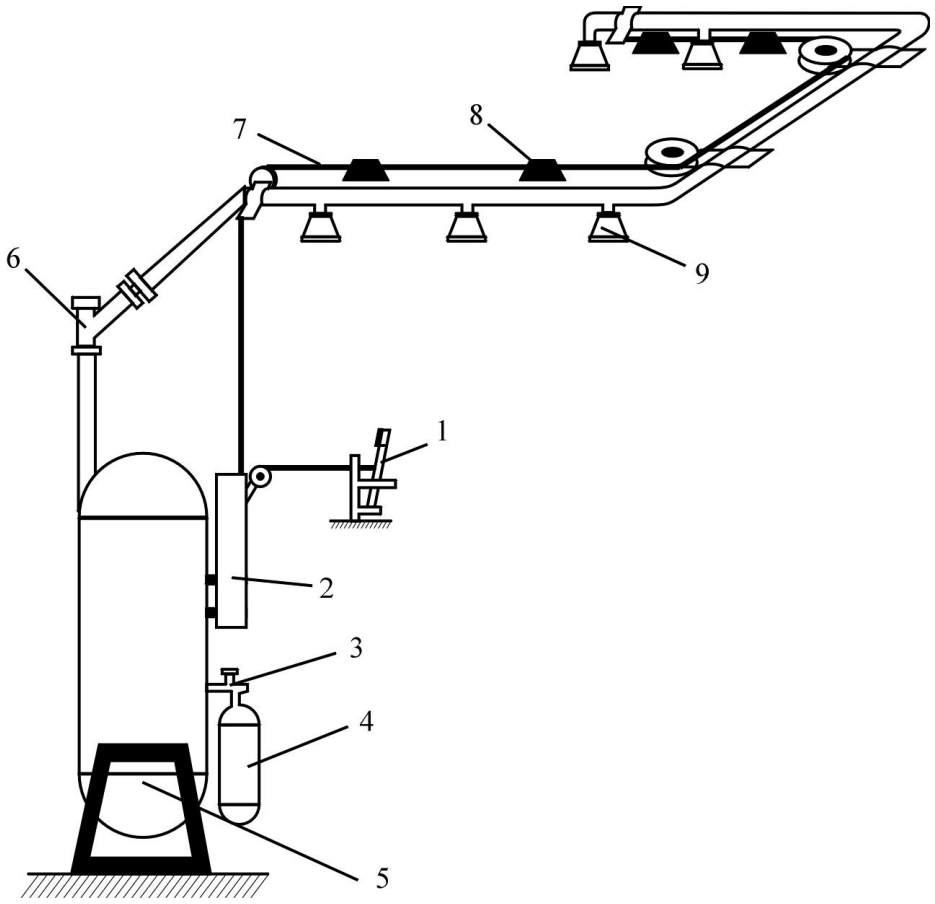


Рис. 3.1 – Принципова схема автоматичного порошкового вогнегасника типу ОПА:

1 – рукоятка ручного пуску; 2 – напрямна труба з вантажем; 3 – запірно-пусковий пристрій; 4 – балон зі стиснутим газом; 5 – корпус вогнегасника; 6 – клапан пневматичний; 7 – трос; 8 – легкоплавкий замок; 9 – насадок

Система з вогнегасником ОПА (рис. 3.1) складається з циліндричного корпуса, заповненого вогнегасним порошком, джерела робочого газу, системи транспортування порошку з розподільною мережею, а також пристроїв автоматичного і ручного (за місцем розташування ОПА) пуску.

Принцип дії вогнегасника заснований на псевдоскрапленні шару порошку при витіканні робочого газу в порожнину корпуса з наступним викидом вогнегасного порошку через розпилювачі розподільної мережі у вигляді газопорошкових струменів на площу, що захищається, або в об’єм, що підлягає захисту. Автоматична система пуску вогнегасника спрацьовує за підвищення температури до 72, 93, 141 і 182 °С залежно від виду легкоплавкого замка. Часто тросову систему оснащують одночасно легкоплавкими і легкогорючими (целулоїдними) замками. Існують три типорозміри ОПА: ОПА-50,

ОПА-100, ОПА-250. Основні технічні характеристики порошкових установок типу ОПА наведені в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Технічні характеристики порошкових автоматичних вогнегасників типу ОПА

Показники	**ОПА-50**	**ОПА-100**	**ОПА-250**
Вогнегасна здатність:			
площа, що захищається, м^2	До 20	40	80
локальний об'єм, що захищається, м^3 (за висоти підвіски розпилювачів 4 м)	80	160	320
Марка застосовуваного порошку:			
для гасіння пожеж класів В, С, Е*	ПСБ-3	ТУ 6-18-139-78	–
для гасіння пожеж класів А, В, С, Е	ПФ	ТУ 6-18-155-74	–
те ж	П1А	ТУ 6-08-345-76	–
Маса вогнегасного порошку, кг	50	100	250
Робочий тиск, МПа (кгс/см^2)	0,8 (8,0)	0,8 (8,0)	1,2 (12,0)
Час спрацьовування вогнегасника в автоматичному режимі, не більше, с	20	120	120
Час повного викиду порошку, с	20	20	25
Висота розташування над рівнем підлоги приміщення, що захищається, м	Від 2 до 4	Від 2 до 4	Від 2,6 до 4
Довжина розподільної мережі вогнегасника, м	15	24	48
Число розпилювачів на розподільній мережі	Від 2 до 4	Від 4 до 8	1,25 до 0,8
Витрата порошку через один зрошувач, кг/з	1,25 до 0,6	1,25 до 0,6	1,25 до 0,6
Найменування і маса газоносія, кг	Діоксид вуглецю 1,5 3,0		Азот або повітря, 4,4
Місткість балона для робочого газоносія, л	2,0	3,0	25
Габарити, не більше: висота, мм	1360	1500	1420
займана площа, м^2	0,27	0,35	0,5
Імовірність безвідмовної роботи за період між перевірками, не менше	0,98	0,98	0,98

* Класи пожеж взято відповідно до міжнародного стандарту ISO 3941 «Пожежі. Класифікація».

Вогнегасник типу ОПА-50 або ОПА-100 (рис. 3.2) являє собою приварену до рами сталеву зварну судину *2* для порошку, що засипається через горловину у верхній частині судини. Штуцер *3* слу-

жить для приєднання порошкового трубопроводу. У кришку горловини вмонтований сигнальний пристрій (свисток) *4* і запобіжний клапан *5*. У трубі *7* підвішують на тросі через ролик *6* вантаж, за допомогою якого приводиться в дію пусковий пристрій балона *8* з діоксидом вуглецю або азоту, під тиском 0,8 МПа (8 кгс/см^2). Порядок роботи вогнегасника полягає в наступному (див. рис. 3.1). При виникненні пожежі внаслідок підвищення температури або з появою відкритого полум'я відбувається розплавлення або випалювання одного з легкоплавких замків *8* ланцюга тросової системи, натягнутої вантажем *2* уздовж розподільного трубопроводу або безпосередньо на висоті 30–50 см над устаткуванням, що захищається.

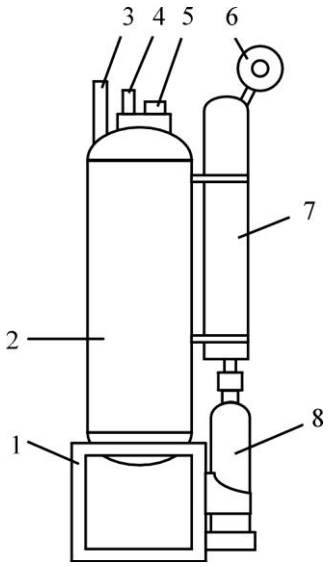


Рис. 3.2 – Загальний вигляд порошкового вогнегасника типу ОПА:

1 – сталева рама; 2 – судина для порошку; 3 – вихідний штуцер; 4 – сигнальний пристрій; 5 – запобіжний клапан; 6 – напрямний ролик для тросового привода; 7 – труба з вантажем; 8 – балон зі стиснутим газом

Замок, що розкрився, *8* звільняє трос *7* з вантажем *2*. Вантаж під час падіння в напрямній трубі ударом розкриває запірно-пусковий пристрій *3* балона *4*. Газ із балона надходить у внутрішню порожнину корпуса *5* з порошком. У корпусі порошок за допомогою вспучувача переходить у псевдозкраплений стан, завдяки чому набуває здатності текти по розподільному трубопроводу. За підвищення тиску в корпусі вогнегасника до 0,8 МПа (8 кгс/см^2) спрацьовує клапан пневматичний (рис. 3.3), після чого порошок із корпуса по наявній в ньому сифонній трубці надходить по розподільному трубопроводу до розпилювачів (рис. 3.4), а далі потрапляє на площу (об'єм), що захищається. Вогнегасник обладнаний

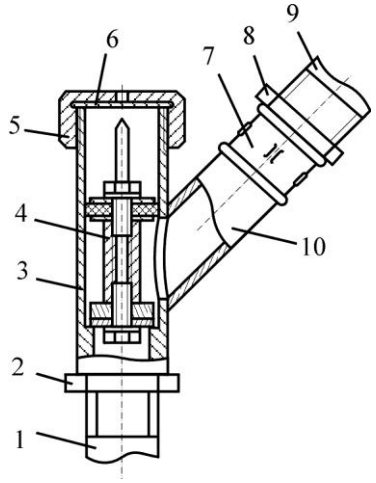


Рис. 3.3 – Клапан пневматичний:

1, 9 – трубопровід; 2, 8 – контргайка; 3 – корпус; 4 – клапан; 5 – кришка; 6 – мембрана; 7 – муфта; 10 – вихідний патрубок

пристроєм ручного пуску, що включає: важіль, трос, ролик і ручку пуску (див. рис. 3.5), зафіксовану чекою. Для приведення вогнегасника в дію необхідно висмикнути чеку й опустити ручку в нижнє положення. При цьому трос піднімає нижню тягу важеля (рис. 3.5) у верхнє положення, що приводить до скидання вантажу. Далі вогнегасник працює як і при автоматичному запуску.

Рис. 3.4 – Розпилювач (насадок)

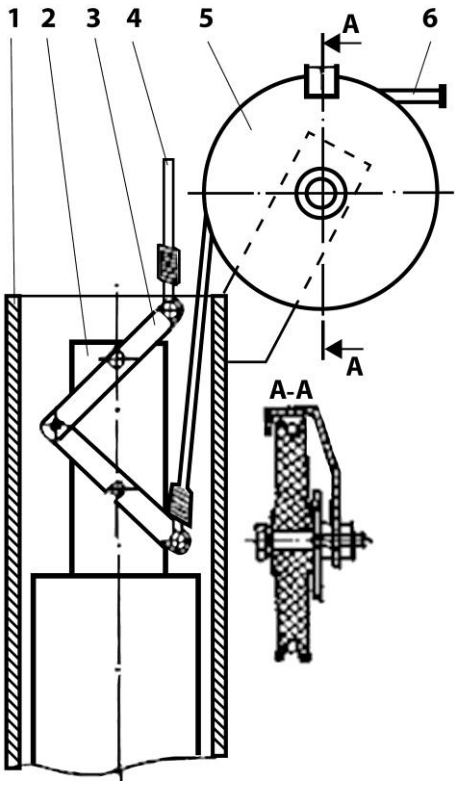


Рис. 3.5 – Вузол зв'язку вантажу із тросом автоматичногоі ручного пуску:

1 – напрямна труба; 2 – вантаж; 3 – важіль; 4 – трос автоматичної системи пуску; 5 – ролик; 6 – трос ручного дистанційного пуску

Система з використанням автоматичного порошкового вогнегасника ОПА-250 (рис. 3.6), що випускається Валмієрським заводом протипожежного устаткування, улаштована і працює в такий спосіб. При виникненні пожежі спрацьовує один із легкоплавких замків *10*, трос *8* розпадається, у результаті чого при падінні вантажу *11* у напрямній трубі *12* приводиться в рух фреза в запірній головці *16* балона *20* із транспортуючим газом. Фреза руйнує мембрану, що замикає вихідний отвір балона, і газ із балона *20* по вигнутій трубці *22* надходить у придонну порожнину судини з порошком *1*. Порошок переходить у псевдоскраплений стан, унаслідок чого набуває властивості підвищеної текучості. За підвищення тиску в судині та стояку *4* до 1 МПа (10 кгс/см^2) спрацьовує граничний клапан *5*, після чого порошок по сифонній трубці *2* і стояку *4* надходить до розподільних трубопроводів *6* і порошкових розпилювачів *9*. Запірна головка і граничний клапан показані відповідно на рис. 3.7 і 3.8.

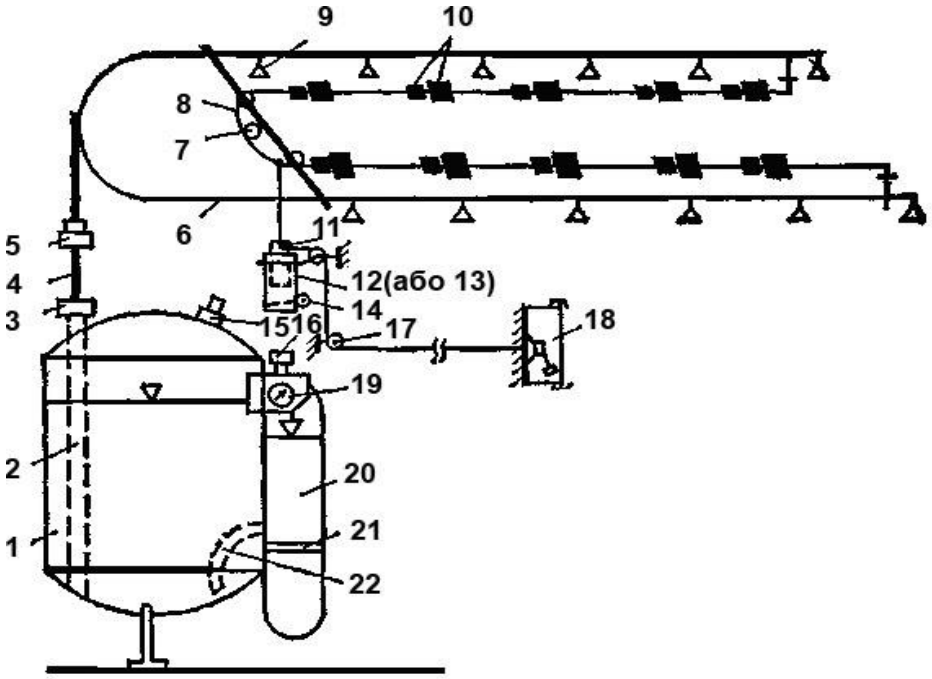


Рис. 3.6 – Принципова схема порошкової установки ОПА-250:

1 – судина для порошку; 2 – сифонна трубка; 3 – сполучна муфта; 4 – стояк; 5 – граничний клапан; 6 – розподільна мережа; 7 – напрямний ролик; 8 – трос; 9 – розпилювач порошку; 10 – легкоплавкий або легкогорючий замок; 11 – вантаж; 12 – напрямна труба; 13 – електропускова головка; 14 – запобіжна чека; 15 – запобіжний клапан; 16 – запірна головка; 17 – поворотний ролик ручного пуску; 18 – вузол ручного пуску; 19 – манометр; 20 – балон із транспортуючим газом; 21 – хомут для кріплення балона; 22 – трубка для випуску газу в судину

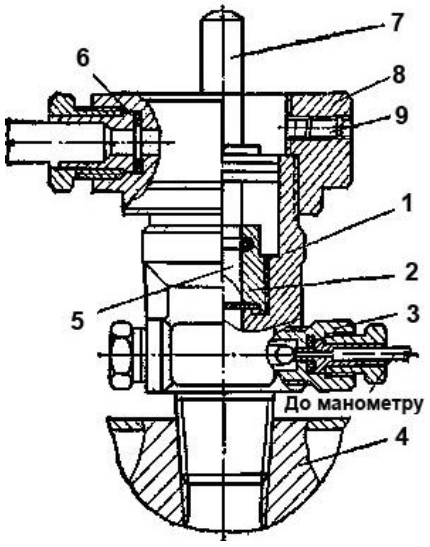


Рис. 3.7 – Запірна головка вогнегасника ОПА-250:

1 – корпус; 2 – гайка із запірною мембраною; 3 – зворотний клапан; 4 – балон; 5 – фреза; 6 – ущільнення; 7– поршень; 8 – гайка; 9 – налагоджувальний гвинт

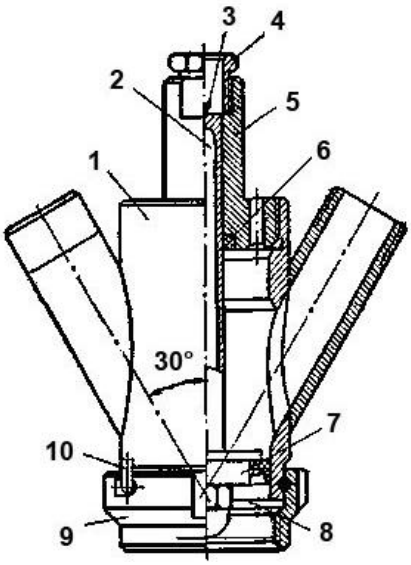


Рис. 3.8 – Граничний клапан вогнегасника ОПА-250:

1 – корпус; 2 – шток; 3 – мембрана, що руйнується; 4 – притискна гайка; 5 – кришка; 6 – демпфер; 7 – манжета; 8 – ущільнення; 9 – гайка; 10 – налагоджувальний гвинт

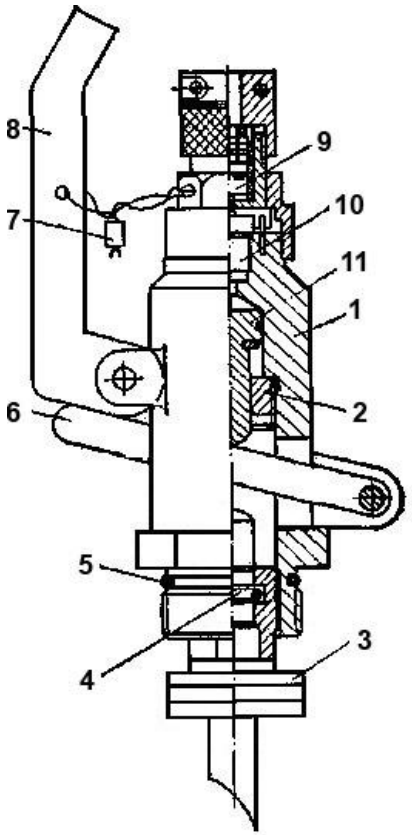


Рис. 3.9 – Електропускова головка вогнегасника ОПА-250:

1 – корпус; 2 – гайка; 3 – фреза; 4, 5 – ущільнення; 6 – проміжний важіль; 7 – пломба; 8 – важіль ручного пуску; 9 – електроконтакт; 10 – піропатрон; 11 – поршень

При електричному пуску на балоні *20* (див. рис. 3.6) встановлюють електропускову головку *13*, конструкцію якої показано на рис. 3.9.

Для виявлення пожежі світловими пожежними сповіщувачами (звичайно застосовують сповіщувачі ДПИД-ВЗГ із сигнально-пусковим блоком ПСПБ) за допомогою електроімпульсу підривають піропатрон електропускової головки *13* (див. рис. 3.6), у результаті чого під дією порохових газів фреза прорізає мембрану і далі установка працює як і при термомеханічному пуску. Ручний пуск установки здійснюється за допомогою вузла ручного пуску *18*. Для термомеханічного пуску є засклена коробка, в якій розміщена рукоятка із тросом, зв'язаним із вантажем *11* через поворотний ролик *17* (для електропуску – важіль ручного пуску, змонтований на корпусі електропускової головки *13*).

Балон із транспортуючим газом (рис. 3.6) кріпиться до корпуса судини з порошком: угорі – за допомогою приладової панелі (з манометром *19*), унизу – хомутом *21*. За підвищення тиску в судині з порошком понад припустимий (це можливо у випадку несправності граничного клапана *5*) спрацьовує запобіжний клапан *15*, газ виходить і тиск знижується. Трубопроводи у виді двох гілок із дванадцятьма порошковими розпилювачами забезпечують захист приміщень площею не менше 80 м^2 (або локальний об'єм не менше 320 м^3). Технічні характеристики установки з вогнегасником ОПА-250 наведені в табл. 3.1. Проведені у приміщеннях і на відкритому повітрі вогневі випробування установок із використанням автоматичних вогнегасників ОПА-50, ОПА-100 і ОПА-250 показали, що вони придатні для ефективного гасіння осередку пожежі.

В Україні Прилуцьким заводом «Пожмашина» виготовляються і впроваджуються системи порошкового пожежогасіння з лафетним

стволом і розподільчою мережею – УППУ 250 (500) ЛС (лафетний ствол) і УППУ-250 РС, УППУ-250 РС-01, УППУ-250 РС-02, УППУ-500 РС, УППУ-500 РС-01, УППУ-500 РС-02 (розподільча мережа) ємністю відповідно 250 і 500 кг. Така кількість ВП дозволяє захищати однією установкою значні площі й об'єми. Системи призначені для застосування і як самостійні засоби пожежогасіння в системах протипожежного захисту пожежонебезпечних об'єктів.

Системи УППУ-250 РС, УППУ-250 РС-01, УППУ-500 РС, УППУ-500 РС-01 забезпечують *гасіння пожежі по площі*, установки УППУ-250 РС-02, УППУ-500 РС-02 забезпечують *об'ємне пожежогасіння*.

Системи можуть забезпечувати ручний пуск (місцевий або дистанційний: електричний, пневматичний, механічний) або автоматичний пуск (електричний, пневматичний, механічний).

Схема системи УППУ-250(500) РС показана на рис. 3.10.

Аеруючий пристрій *2* (рис. 3.10) служить для аерації ВП струменями стиснутого газу і створення однорідної за щільністю газопорошкової суміші, підготовленої до надходження з установки до осередку пожежі. Верхній люк *3* служить для завантаження ВП до корпуса установки. Нижній люк *4* служить для вивантаження, у разі потреби, залишку ВП з корпуса і для забезпечення доступу до аеруючого пристрою під час проведення технічного обслуговування установки. Манометр низького тиску *5* служить для контролю тиску в корпусі установки в період її роботи. Запобіжний клапан *7* призначений для запобігання підвищенню тиску в корпусі вище 1,38 МПа (13,8 кгс/см^2). Для УППУ-500 і його модифікацій установлюються два запобіжні клапани. За допомогою важеля запобіжного клапана можна, у разі потреби, здійснити скидання тиску з корпуса установки у ручному режимі.

Пусковий пневматичний клапан *8*, відрегульований на тиск 0,90±0,05 МПа (9,0±0,5 кгс/см^2), служить, за допомогою пневмоциліндра *19*, для відкриття запірного шарового крана *18*, що забезпечує подачу ВП із корпуса установки в магістральний трубопровід *20*.

Газ-носій знаходиться в балонах *10* під тиском 15 МПа (150 кгс/см^2). У горловині балона встановлена запірно-пускова головка *11* (ЗПГ). Тиск у балонах контролюється манометром високого тиску *12*, приєднаним до ЗПГ через спеціальний перехідник типу зворотний клапан, конструкція якого дозволяє демонтувати манометр під час експлуатації.

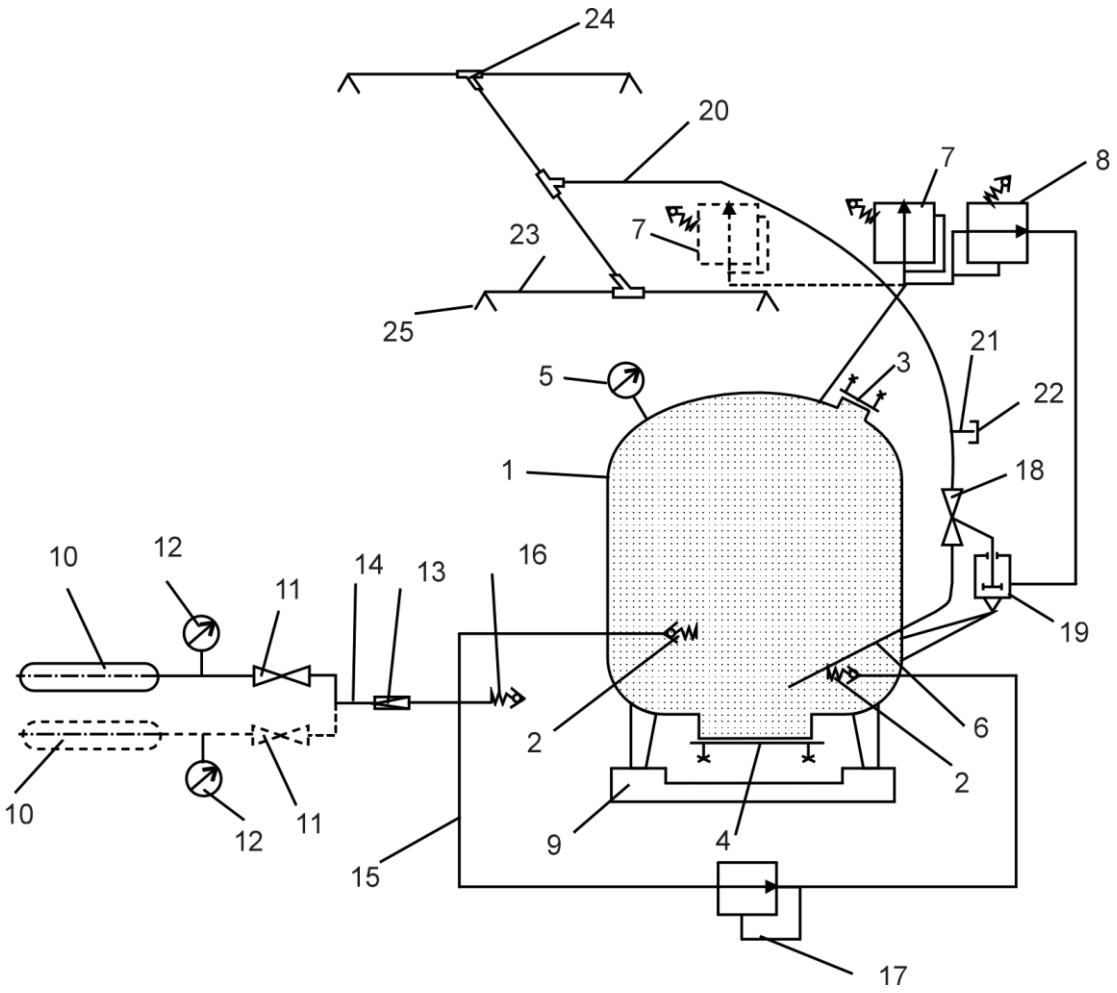


Рис. 3.10 – Схема установки УППУ-250(500)РС:

1– корпус установки; 2 – аеруючий пристрій; 3 – верхній люк; 4 – нижній люк; 5 – манометр низького тиску; 6 – сифонна труба; 7 – запобіжний клапан (2 запобіжних клапани для УППУ-500); 8 – пусковий пневмоклапан; 9 – рама; 10 – балон (два балони для УППУ-500 РС, РС-01, РС-02); 11 – запірно-пускова головка; 12 – манометр високого тиску; 13 – редуктор тиску; 14 – трубопровід високого тиску; 15 – трубопровід низького тиску; 16 – дренажний клапан; 17 – пневматичний зворотний клапан; 18 – запірний шаровий кран; 19 – пневмоциліндр; 20 – магістральний трубопровід; 21 – відвід; 22 – штуцер для продування розподільної мережі; 23 – розподільчий трубопровід; 24 – фітингові з'єднання; 25 – розпилювальні насадки

Запірно-пускова головка (рис. 3.11) складається з корпуса, піротехнічного пускового, запірного і запобіжного вузлів.

Піротехнічний пусковий вузол складається з поршня *2*, пускового важеля *3*, вузла запалу *4* та піропатрона *5*.

При підриві піропатрона *5* під дією тиску порохових газів поршень *2* повертає важіль *3*. При цьому валик *6*, жорстко закріплений з важелем *3*, повертає навколо своєї осі й виводить із зачеплення за-

сувку *7*, даючи можливість золотникові *8* під дією пружини *9* відкрити сідло і дати прохід стиснутому газові до вихідного штуцера *10*.

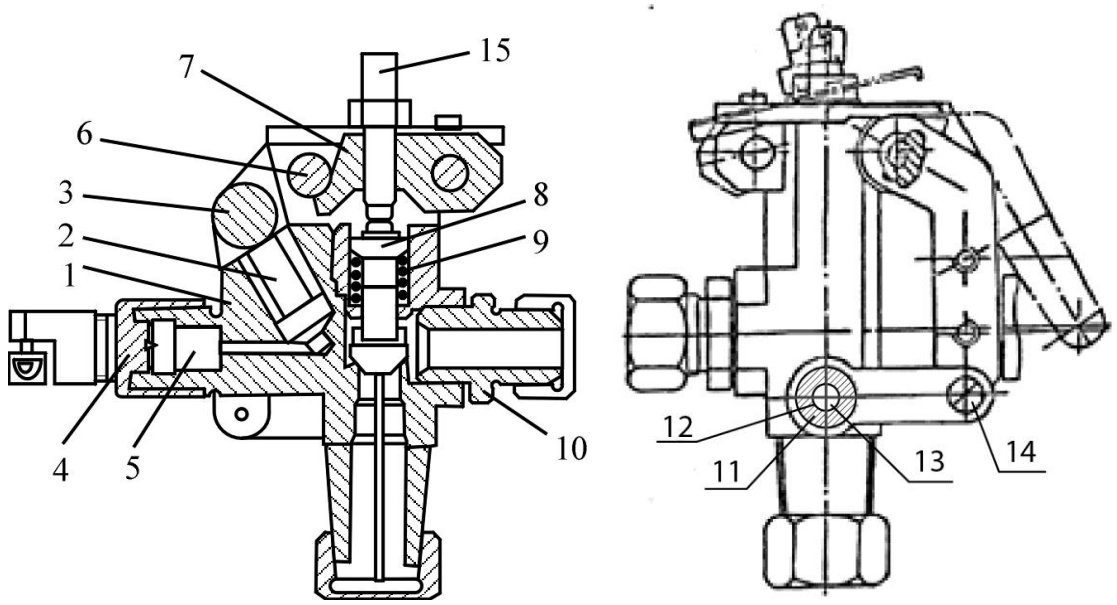


Рис. 3.11 – Запірно-пускова головка:

1 – корпус; 2 – поршень; 3 – пусковий важіль; 4 – вузол запалу; 5 – піропатрон; 6 – валик; 7 – засувка; 8 – золотник; 9 – пружина; 10 – вихідний штуцер; 11 – мембрана; 12 – прокладка; 13 – втулка; 14 – запобіжна серга; 15 – налагоджувальний гвинт

Запобіжний вузол складається з мембрани *11*, прокладки *12* і втулки *13*. Спрацьовує запобіжний вузол при тиску 18±2 МПа (180±20 кгс/см^2).

Запобіжна серга *14* фіксує важіль *3* у положенні, що виключає несанкціоноване розкриття головки під час проведення монтажних і демонтажних робіт, при транспортуванні та збереженні.

Системи *за способом пуску* підрозділяються на:

– системи з електричним пуском (як спонукальну систему використовують автоматичні установки пожежної сигналізації, що забезпечують вихідну напругу 24±2,4 В та силу струму 2,2±0,2 А, що необхідні для спрацьовування піропатрона);

– системи із пневматичним пуском (пневматична спонукальна система підключається замість вузла запалу і піропатрона);

– система з механічним пуском (тросова спонукальна система з'єднується з пусковим важелем запірно-пускового клапана).

Редуктор тиску *13* (рис. 3.10) служить для зниження тиску стиснутого газу, що надходить із балона (балонів) *10*, до робочого тиску в

корпусі установки 1,2±0,05 МПа (12±0,5 кгс/см^2) і забезпечення необхідної витрати стиснутого газу, що надходить до корпуса установки.

Дренажний клапан *16*, установлений на трубопроводі низького тиску *15*, призначений для випуску стиснутого газу в атмосферу при випадковому витоку його з балона *10* через негерметичність запірно-пускової головки і запобігання помилковому спрацьовуванню.

Пневматичний зворотний клапан *17*, установлений на трубопроводі низького тиску, служить для перерозподілу подачі стиснутого газу між верхнім та нижнім кільцями аеруючого пристрою *2*.

Система працює в такий спосіб. Після розкриття запірно-пускової головки стиснутий газ із балона (балонів) *10* через трубопровід високого тиску *14*, редуктор тиску *13*, трубопровід низького тиску *15*, пневматичний зворотний клапан *17*, аеруючий пристрій *2* надходить до корпуса установки *1*.

Після аерації ВП відкривається пусковий пневматичний клапан *8*, через який стиснутий газ по трубопроводу надходить у пневмоциліндр *19*.

Пневмоциліндр *19* відкриває запірний шаровий кран *18*. Після цього газопорошкова суміш по сифонній трубі *6*, магістральному трубопроводу *20*, розподільчому трубопроводу *23*, через розпилювальні насадки *25* надходить до осередку пожежі.

Системи, як правило, повинні розміщатися у приміщенні, сусідньому із тим, що захищається і відділеному від нього перегородкою 1-го типу і перекриттями 2-го типу. Має бути забезпечена зручність технічного обслуговування й експлуатації вузлів та елементів установок. В обґрунтованих випадках допускається розміщати установки безпосередньо у приміщенні, що захищається, при забезпеченні заходів максимального захисту від механічних ушкоджень, впливу інших несприятливих факторів навколишнього середовища. При цьому мінімальна відстань від місця ймовірного виникнення пожежі до установки повинна становити не менше 5 метрів.

Розпилювачі, встановлювані в розподільчих трубопроводах, розміщають таким чином, щоб ВП, що подається, рівномірно розподілявся по площі або об'єму, що підлягає захисту. При цьому відстань від поверхні, що захищається, до розпилювача повинна бути в межах від 2 до 4,5 метрів.

Рекомендовані максимальні відстані між розпилювачами, типи розпилювачів, номінальні значення середньої витрати, питомої маси та інтенсивності подачі різних ВП у зону, що захищається, залежать від моделі установки і наведені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Технічні характеристики установок УППУ

Модель установки	**УППУ-250РС**	**УППУ-250РС-01**	**УППУ-250РС-02**	**УППУ-500РС**	**УППУ-500РС-01**	**УППУ-500РС-02**
Тип розпилювача	СК-25	СК-20	ЩК-20	СК-25	СК-20	ЩК-20
Кількість розпилювачів, шт.	4	8	8	8	16	16
Відстань між прилеглими розпилювачами, м	2,8	2,0	2,0	2,8	2,0	2,0
Площа гасіння, $м^2$, (об'єм, що захищається, $м^3$)	32	32	(380)	64	64	(760)
Середня витрата ВП з установки, $кг \cdot с^{-1}$:						
ПСБ-3	12,0	12,0	12,0	21,0	21,0	21,0
П-2АП	10,4	10,4	10,4	18,0	18,0	18,0
Пірант-А	9,2	9,2	9,2	16,0	16,0	16,0
Інтенсивність подачі ВП марок, $кг \cdot с^{-1} м^{-2}$ ($кг \cdot с^{-1} м^{-3}$):						
ПСБ-3	0,4	0,4	(0,03)	0,3	0,3	(0,03)
П-2АП	0,3	0,3	(0,03)	0,3	0,3	(0,02)
Пірант-А	0,3	0,3	(0,02)	0,25	0,25	(0,02)
Питома маса ВП марок $кг \cdot м^{-2}$($кг \cdot м^{-3}$):						
ПСБ-3	8,4	8,4	(0,7)	8,8	8,8	(0,8)
П-2АП	7,3	7,3	(0,6)	7,6	7,6	(0,6)
Пірант-А	6,4	6,4	(0,5)	6,8	6,8	(0,6)

На рис. 3.12 подано загальний вигляд установки УППУ-500ЛС, а в табл. 3.5 приведено тактико-технічні характеристики установки гасіння типу УППУ-500ЛС.

Рис. 3.12 – Загальний вигляд установки УППУ-500ЛС

Таблиця 3.5 – Основні тактико-технічні характеристики УППУ-500ЛС

Найменування показників	**Одиниці виміру**	**УППУ-500ЛС**
Вид вогнегасної речовини	–	Вогнегасний порошок
Місткість корпуса	л	600+2/-10
Марка і маса застосовуваного вогнегасного порошку, не менше – ПСВ ТУ 6-18-139-78 – Пірант А ТУ 301-11-10-90 – Пірант АН ТУ 6-3 5-0204894-09-90 – П-2АП ТУ 113-08-597-89	кг	 600 500 500 500
Вид робочого газу	–	Стиснене повітря або азот
Тривалість приведення установки в дію при ручному пуску, не більше	с	30
Місткість балона для робочого газу, не менше	л	2*40
Робочий тиск стиснутого газу: – у корпусі установки; – у балонах для стиснутого газу (за температури 25 °С)	МПа (кгс/с^2)	 1,2-0,1 (12-1) 15,0 ±0,5 (150 ±5)
Тривалість подачі вогнегасного порошку з лафетного ствола, не більше	с	30
Кут повороту лафетного ствола, не менше – у горизонтальній площині – у вертикальній площині відносно горизонту	град	150 від 30 до 60
Маса залишку ВП у корпусі порошку після спрацьовування установки, не більше	%	10
Довжина порошкового струменя, не менше	м	40
Вогнегасна здатність (під час гасіння розливу бензину А-76 на відкритій площадці), не більше	м^2	40
Маса установки, не більше: – конструктивна; – повна	кг	 650 1200
Габаритні розміри, не більше: – висота; – ширина; – довжина;	мм	 1950 1180 2000

Як ще один приклад технічної реалізації стаціонарних систем порошкового пожежогасіння, в яких газ-носій зберігається в окремих балонах, можна навести серію АУПТС-300-2000 «Титан». Ці сис-

теми не випускаються серійно. Зовнішній вигляд цих систем наведено на рис. 3.13.

Рис. 3.13 – Загальний вигляд АУПТС-300-2000

Таблиця 3.6 – Технічні характеристики систем «Титан»

	Найменування параметра	**АУПТС «Титан»**			
		300	**600**	**1000**	**2000**
1	Вогнегасна здатність системи - захищувана площа, м^2; - захищуваний об'єм, м^3	 480 720	 960 1440	 1600 2400	 3200 4800
2	Кількість пускових балонів, шт.	1	2	3	3–4
3	Тиск заряду пускового балона за температури навколишнього середовища (20±5) °С, МПа	12–13,5	12–13,5	12–13,5	12–13,5
4	Кількість вихідних патрубків, шт.	2	2-4	2-4	4
5	Діапазон експлуатаційних температур, °С	-40÷+50	-40÷+50	-40÷+50	-40÷+50
6	Розмір вихідного патрубка	Ду50	Ду50-ДУ100	Ду100	Ду100
7	Тривалість експлуатації, рік	15	15	15	15

3.3.2 Системи порошкового пожежогасіння із зовнішнім централізованим джерелом стиснутого робочого газу

Системи порошкового пожежогасіння із зовнішнім централізованим джерелом стиснутого робочого газу використовують у двох випадках:

– за необхідності подавання одночасно великої кількості вогнегасного порошку в приміщення, яке має значні розміри;

– за необхідності захищати однією системою пожежогасіння декілька приміщень.

Як приклад першого випадку можна привести вогнегасники типу ОПА, які випускають також і в модульному варіанті (батарея з декількох ОПА-100), застосовуваному для захисту приміщень великих площ (об'ємів) або декількох приміщень з одночасною подачею вогнегасного порошку. Для приведення в дію в модульних установках використовують або тросову систему з тепловими (легкоплавкими і легкогорючими) замками, або автоматичну пожежну сигналізацію. Системи порошкового пожежогасіння модульного типу (СПМ) монтують на базі ОПА-100.

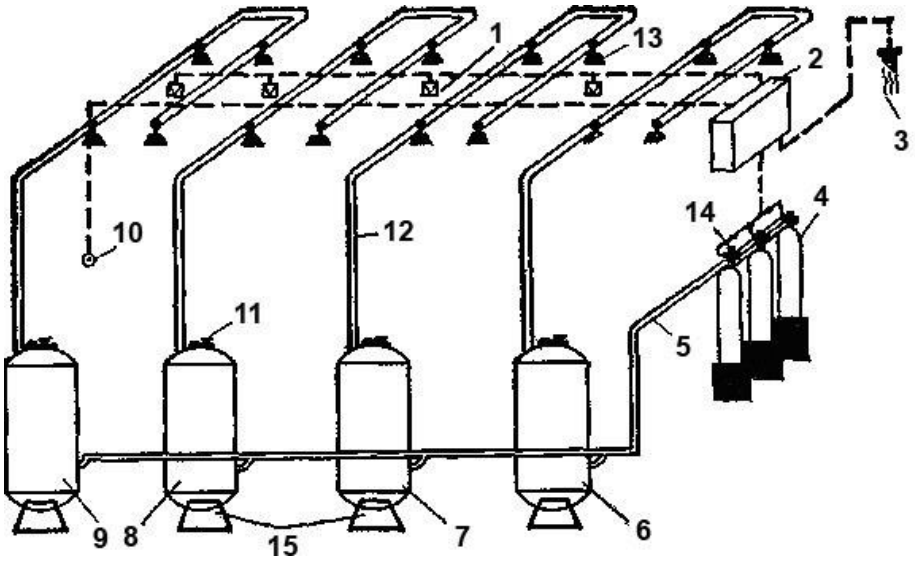


Рис. 3.14 – Принципова схема установки модульного типу на базі вогнегасників ОПА-100 з централізованим джерелом стиснутого робочого газу:

1 – пожежний сповіщувач; 2 – прийомна станція пожежної сигналізації; 3 – пристрій звукової сигналізації; 4 – балон із робочим газом; 5 – колектор; 6, 7, 8, 9 – вогнегасники ОПА-100; 10 – кнопка ручного пуску; 11 – запобіжний клапан; 12 – розподільна мережа; 13 – розпилювачі; 14 – запірно-пусковий пристрій; 15 – підставка вогнегасника

СПМ із централізованим джерелом стиснутого робочого газу (рис. 3.14) складається з централізованого вузла збереження стиснутого газу *4*, обладнаного запірно-пусковою арматурою *14*; установки автоматичної пожежної сигналізації *2* зі сповіщувачами *1*; колектора *5* для подачі стиснутого газу до вогнегасників; набору необхідної кількості вогнегасників *6*, *7*, *8* і *9*. Як централізоване джерело стиснутого газу можуть бути застосовані установки газового пожежогасіння Т-2МА, УАК-2, БАЕ й УАГЕ (БАГЕ).

Приклад системи порошкового пожежогасіння, яка захищає декілька приміщень одночасно, наведено на рис. 3.15.

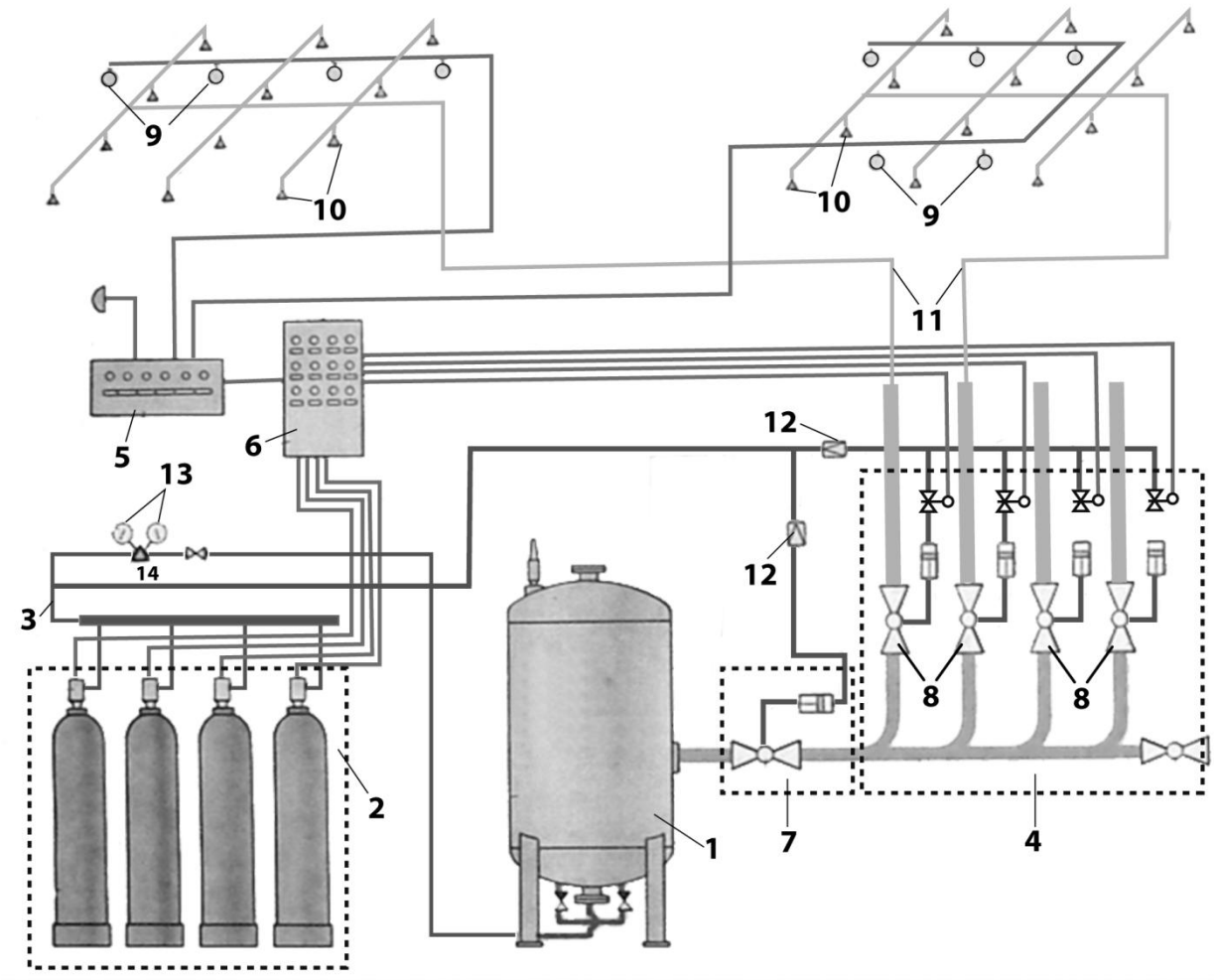


Рис. 3.15 – Принципова схема системи порошкового пожежогасіння з централізованим джерелом робочого газу для захисту декількох приміщень:

1 – ємність для вогнегасного порошку; 2 – централізоване джерело стиснутого робочого газу; 3 – колектор; 4 – розподільчий пристрій; 5 – приймально-контрольний прилад (ПКП); 6 – прилад керування системою порошкового пожежогасіння; 7 – шаровий кран із пневмоприводом розподільчого пристрою; 8 – шаровий кран із пневмоприводом захищуваного напрямку; 9 – пожежні сповіщувачі; 10 – випускні отвори; 11 – розподільча мережа; 12 – редуктор тиску пневмоприладів; 13 – манометр; 14 – редуктор тиску

Робота вказаної системи полягає у наступному: при виникненні пожежі у захищуваному приміщенні спрацьовують пожежні сповіщувачі *9*, сигнал від яких надходить на ПКП *5*. Він формує команду на прилад керування системою *6*, з якого сигнал надходить на запуск балонів централізованого джерела стиснутого робочого газу *2* та на відкриття електромагнітних клапанів пневмоприводу розподільчого пристрою того напрямку, де виникла пожежа. Газ із балонів по колектору *3* через редуктор тиску *14* потрапляє в ємність із

вогнегасним порошком *1*. Одночасно газ із балонів через редуктори тиску пневмоприладів відкриває шаровий кран *7* розподільчого пристрою та шаровий кран *8* напрямку, в якому виникла пожежа. Вогнегасний порошок через випускні отвори *10*, які встановлені на розподільчій мережі *11*, потрапляє у захищуване приміщення.

Рис. 3.16 – Загальний вигляд системи порошкового пожежогасіння з централізованим джерелом робочого газу для захисту декількох приміщень DAELIM MARINE CO. LTD

3.3.3 Системи пожежогасіння з газогенеруючим елементом

Як альтернатива балона з газом-носієм (двоокис вуглецю, азот, повітря) досить широко застосовуються модулі з газогенеруючими пристроями. Такі модулі мають ряд переваг, до яких можна віднести:

– спрощення елементної бази;

– безпечність під час експлуатації;

– керування тиском у ємності.

Спрощення елементної бази, у свою чергу, пов’язане з підвищенням надійності системи у цілому. Відсутність балона з газом-носієм середнього та високого тиску поліпшує експлуатаційні характеристики системи та спрощує проведення регламентних робіт. При проектуванні газогенеруючого пристрою можна досягти різних режимів підвищення тиску в ємності – регресуючого, прогресуючого

або постійного. Керування тиском в ємності модуля дозволяє подавати вогнегасний порошок на необхідну висоту та відстань.

Прикладом технічної реалізації модулів із газогенераторами є модулі серії «Тайфун», «Веер», «Буран», ОПАН-100.

У ряді випадків – за значної висоти стель, при локально розташованому технологічному устаткуванні – використання розподільної мережі не є доцільним. Викид порошку, у такому випадку, здійснюється з одиничного насадка. До таких виробів можна віднести модуль порошкового гасіння МПП(Н)-1 ООКД-2-ГЭ-У2 (ОПАН-100) (рис. 3.17).

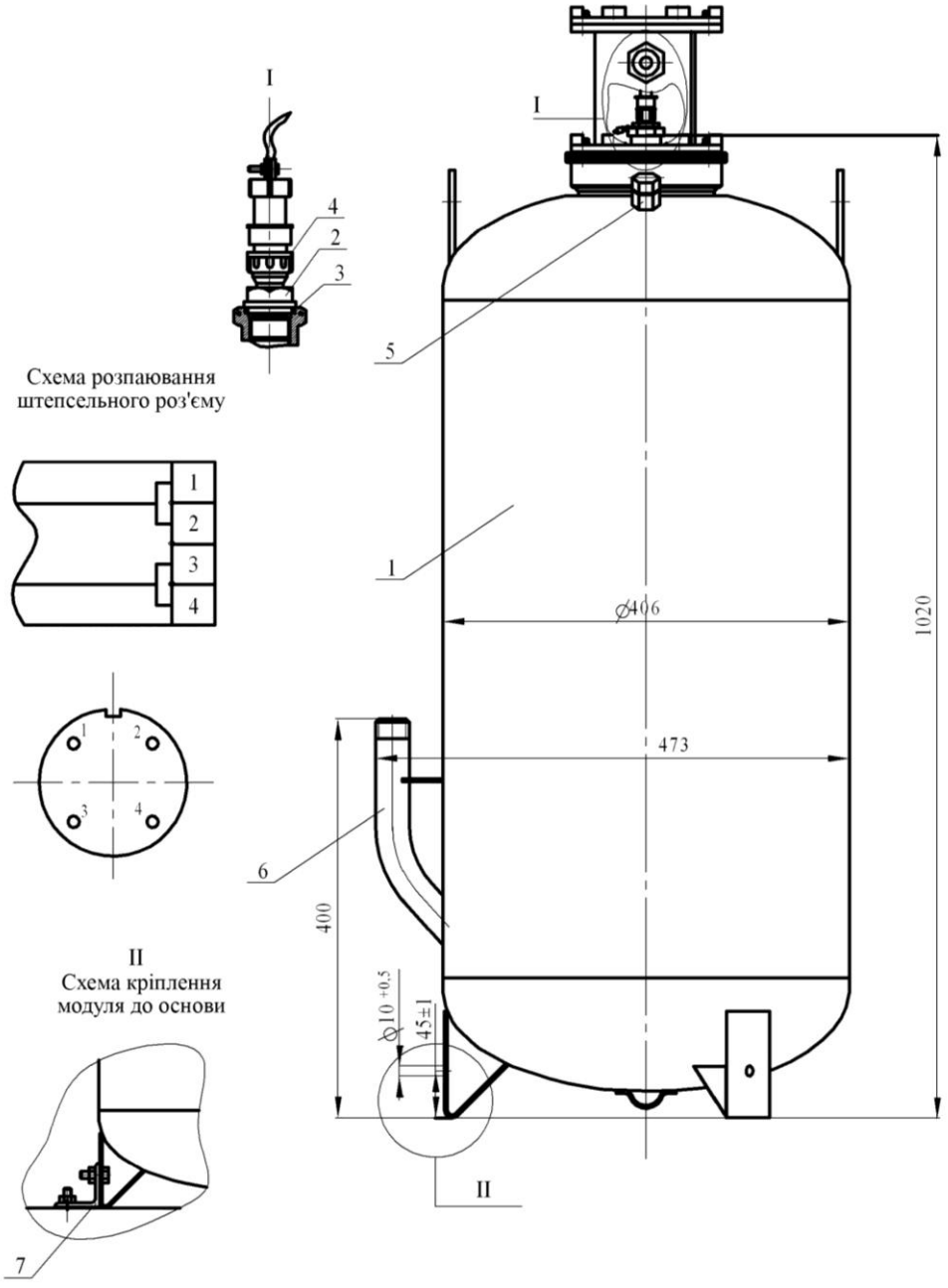


Рис. 3.17 – Модуль порошкового пожежогасіння ОПАН-100:

1 – корпус модуля; 2 – ініціатор; 3 – кільце; 4 – штепсельний роз'єм; 5 – штуцер технологічний; 6 – патрубок; 7 – коліно ОПАН-100

До складу модуля входять:

– циліндричний корпус, заповнений вогнегасним порошком, та газогенеруючий пристрій (ГГП) з елементом – аерозольутворювальною сполукою (АУС), розміщений усередині корпуса в товщі порошку;

– система електричного пуску, до складу якої входять ініціатор (вдосконалений двомостиковий піропатрон УДП2-1Б) та розетки штепсельного роз'єму (ШР) 2РМТ14КПН4Г1В1В для підключення ліній запуску;

– система подачі порошку, яка може бути реалізована через напрямний трубопровід об'ємним розпилюванням. Номінальна висота трубопроводу становить приблизно 2,3 м, але можлива зміна висоти до 5 м залежно від замовлення або місця встановлення.

Принцип дії МПП оснований на псевдозрідженні шару порошку при потраплянні робочого газу в порожнину корпуса з наступним викидом вогнегасного порошку у вигляді газопорошкових струменів на захищувану площу або об'єм.

При виникненні пожежі й запуску МПП спрацьовує елемент АУС ГГП. Охолоджений аерозоль, що виділяється, потрапляє у придонну порожнину корпуса, порошок переходить у псевдозріджений стан, завдяки чому стає текучим. За підвищення тиску в корпусі модуля розкривається пневматичний клапан і порошок із корпуса через систему подачі потрапляє на захищувану площу (об'єм).

Схеми подачі вогнегасного порошку показані на рис. 3.18.

Таблиця 3.7 – Характеристики модуля ОПАН-100

Показники	**Величина**
Вогнегасна здатність: площа, що захищається; об'єм, що захищається	 80 м^2 180 м^3
Тривалість подачі вогнегасної речовини не більше	18 с
Маса модуля з порошком	138 кг
Габаритні розміри: висота діаметр площа	 1165 мм 480 мм 0,2 м^2
Способи запуску: електричний, ручний, механічний запуск від автономних електротехнічних пристроїв (теплових датчиків 76 °С, ручних пускачів)	імпульс – 0,01с, 1,5 А, 24 V

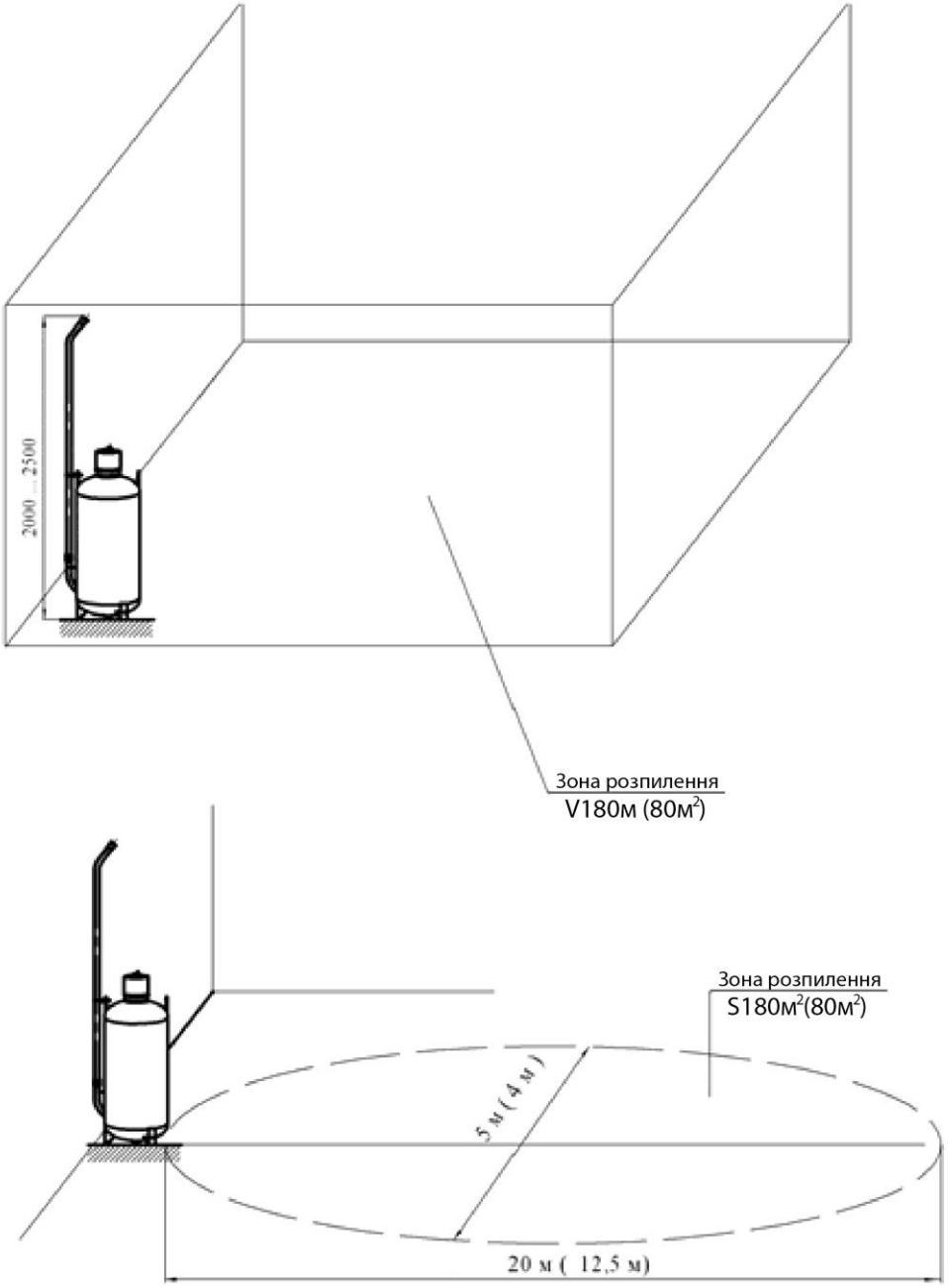


Рис. 3.18 – Зони розпилення МПП-100 (ОПАН-100) (в дужках наведені розміри зон МПП-50 (ОПАН-50))

Модуль порошкового пожежогасіння «Тайфун 050» МПП(Н)-50-КД-2-ГЭ-У1 (ТУ 4854-15-04973366-99) (рис. 3.19) призначений для гасіння пожеж класу А, В, С, а також електроустановок до 1000 В, у діапазоні температур від –40 °С до +50 °С й за відносної вологості повітря до 95 %.

Таблиця 3.8 – Характеристики модуля «Тайфун 050»

Найменування одиниці виміру	Значення
Місткість корпуса, л	50,0±2,5
Марка і маса вогнегасного порошку, кг: Пірант-А ТУ 301-11-10-90 ПСБ ТУ 6-18-139-82 Вексон-АБС ТУ 2149-028-10968286-97	 40,0±2,0 45,0±2,0 40,0±2,0
Габаритні розміри корпуса, мм, не більше: діаметр висота (без елементів кріплення)	 300 900
Площа, що захищається, м^2, не менше	36*
Об'єм, що захищається, м^3, не менше	90
Характеристики ланцюга електропідпалювача: струм спрацьовування, А опір ланцюга, Ом струм гарантованого неспрацьовування, А, не більше	 0,4 3,0±0,5 0,01
Марка електрорознімання для відповідної (кабельної) частини ланцюга електропідпалювача	2РМ14КП4М

*) **Примітка**. Значення параметра забезпечується за висоти установки розпилювача не більше 4,5 м від поверхні, що захищається.

Модуль (рис. 3.19) містить корпус *1* місткістю 50 л, у якому розміщений вогнегасний порошок масою від 38 до 47 кг, залежно від марки. Усередині корпуса *1* установлений генератор газу *3*, запуск якого здійснюється від електропідпалювача, розташованого в його верхній частині, і зовнішнього рознімання *6* для підключення до відповідної частини рознімання кабелю ланцюга запуску модуля. З нижньої частини корпуса *1* назовні виведено приведену до стінки корпусу *1* вихідну трубку, вихідний отвір якої перекритий герметуючим мембранним вузлом *2*. Вихідний отвір мембранного вузла має внутрішнє різьблення (у транспортному положенні заглушено) для приєднання трубопроводу подачі вогнегасного порошку *7*. Для засипання порошку в корпус *1* служить заправна горловина *5* із заглушкою, змонтована у верхній частині модуля. Крім цього, у верхній частині корпуса модуля встановлений запобіжний пристрій *10*, що спрацьовує за підвищення тиску більше 16,5 кгс/см^2 (1,65 МПа).

У черговому режимі функціонування модуля надлишковий тиск усередині корпуса *1* дорівнює нулю. Для приведення модуля в дію через рознімання *6* подається напруга на електропідпалювач. При цьому відбувається спрацьовування генератора газу *3*. Гази, що виділяються при горінні піротехнічної сполуки усередині генератора *3*, забезпечують наддування корпуса *1* й аерацію вогнегасного

порошку, що знаходиться в ньому. За підвищення тиску газу в корпусі *1* вище визначеного рівня відбувається прорив мембрани в мембранному вузлі *2*, і вогнегасний порошок по трубопроводу подачі *7* через розпилювачі *8* подається на об'єкт, що захищається.

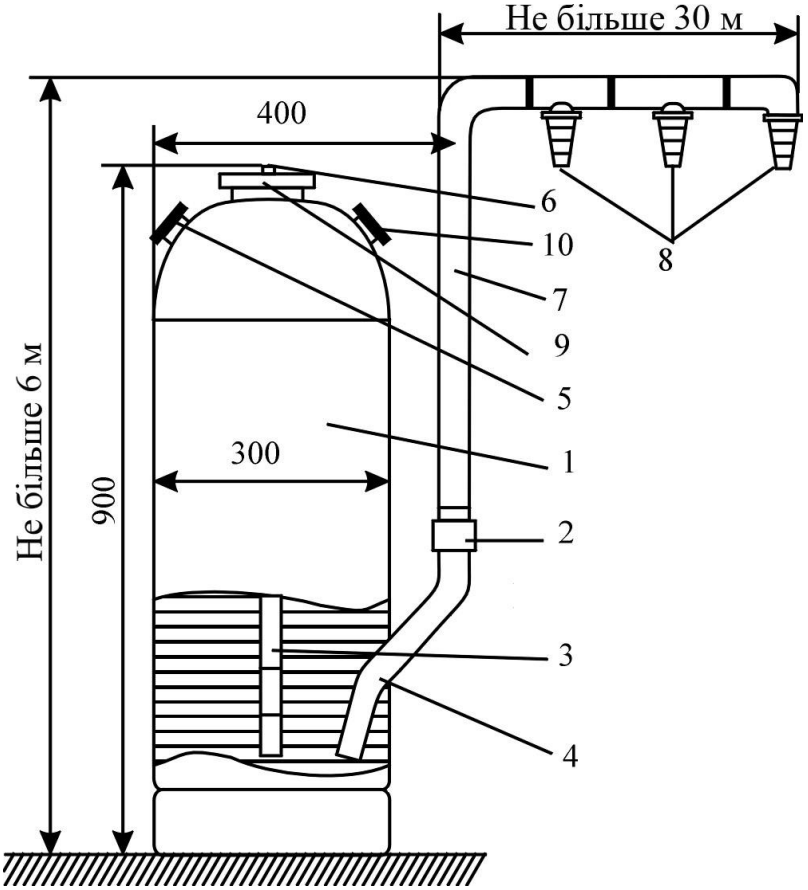


Рис. 3.19 – Схема модуля порошкового пожежогасіння «Тайфун 050»:

1 – корпус із вогнегасним порошком; 2 – мембранний вузол; 3 – генератор газу; 4 – вихідна трубка; 5 – заправна горловина із заглушкою; 6 – рознімання електропідпалювача; 7 – трубопровід подачі порошку; 8 – розпилювачі; 9 – накидна гайка; 10 – запобіжний пристрій

На цей час знаходять широке застосування малогабаритні порошкові модулі, встановлювані безпосередньо в зоні гасіння. Умовно модулі можна розділити на:

– модуль із корпусом, що руйнується, – модуль, корпус якого (частина корпуса, ослаблений переріз) руйнується під впливом внутрішнього тиску, створюваного джерелом газу після впливу керуючого імпульсу. (Приклад – вироби типу «ОСП-1»; «Буран»);

– перезаряджений модуль із насадком-розпилювачем – модуль, що протягом терміну служби може бути перезаряджений вогнегасним порошком. (Приклад – «Пума»; «Спрут»; «Веер-1»).

Окремо самоспрацьовуючий порошковий модуль ОСПМ-2 (торговельна марка «Буран»), ТУ 4854-004-40302231-97. Модуль призначений для гасіння пожеж А, В та електроустаткування до 5000 В у виробничих, складських, побутових та інших приміщеннях. ОСПМ має функцію самоспрацьовуючого порошкового вогнегасника і є основним елементом для побудови модульних автоматичних установок порошкового пожежогасіння.

Технічні характеристики модуля «Буран»:

– кількість вогнегасного порошку, кг, не менше – 2,0;

– площа, що захищається, одним модулем, м^2, – до 7,0;

– об'єм приміщення, що захищається одним модулем, м^3, – до 22,0;

– граничне значення температури в режимі самозапуску, – + 84 ± 5 °С;

– споживаний струм у режимі електропуску, мА, не більше – 100;

– безпечний струм перевірки ланцюга електропуску, мА, не більше – 30;

– інерційність спрацьовування (у режимі електропуску), с, не більше – 2,0;

– температурний режим експлуатації – від –50 °С до +50 °С.

Таким чином, виріб може працювати як одиничний модуль у режимі самозапуску як за підвищення температури, так і в режимі електропуску (рис. 3.20).

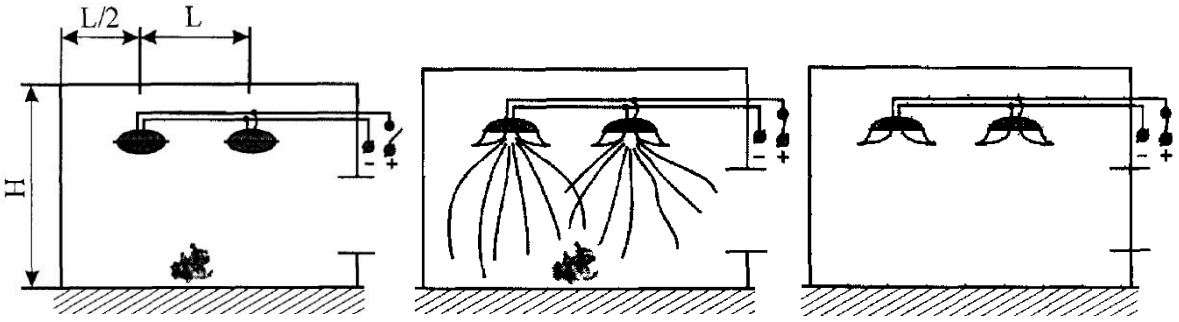


Рис.3.20 – Принцип роботи МПП «Буран»

Модуль складається з корпуса, виконаного із двох сфероподібних металевих частин, щільно з'єднаних між собою і призначених для збереження вогнегасного порошку, газоутворювача та електричного активатора. При виникненні осередку горіння і за досягнення газоутворювальною сумішшю температури самоспрацьовування, всередині

корпуса відбувається інтенсивне газовиділення, що приводить до наростання тиску, руйнування нижньої частини корпуса без утворення осколків і викиду вогнегасного порошку в зону горіння.

Для електропуску модуля використовується джерело живлення постійного струму напругою 12–24 В. Час спрацьовування при цьому – не більше 2 с.

Рис. 3.21 – Загальний вигляд МПП «Буран»

Залежність відстані між модулями від висоти приміщення наведена в табл. 3.9.

Таблиця 3.9 – Залежність відстані між модулями від висоти приміщення

Висота приміщення, м	**Максимальна відстань , м**	
	між модулями	**від модуля до стіни**
2,0	2,8	1,4
2,5	2,8	1,4
3,0	3,0	1,5
3,5	3,0	1,5
4,0	2,6	1,3
4,5	2,4	1,2

Для захисту як окремого пожежонебезпечного об’єкта, так і всієї площі можуть використовуватися модулі порошкового пожежогасіння «Тайфун 015» (рис. 3.22).

Модуль містить корпус *1* місткістю 15 л, у який поміщений вогнегасний порошок масою 11,5...14,5 кг залежно від марки. Всередині корпуса *1* установлений генератор газу *5*, запуск якого здійснюється від електропідпалювача *8*, розташованого в його верхній частині, який має зовнішній роз’єм для підключення до рознімання кабельної частини ланцюга запуску модуля. У нижній частині корпуса *1* установлений герметизуючий мембранний вузол *6*, вихідний отвір якого має внутрішнє різьблення G3/4" (у транспортному положенні заглушено), для з’єднання з розпилювачем *7* може бути приєднаний до модуля через трубопровід з умовним проходом Ду = 20 мм і загальною довжиною не більше 20 м, що технічно є неможливим в мо-

дулях закачаної дії так званого типу «Пума». Наявність трубки розширює тактичні можливості, наприклад, з установки виробу за межами фарбувальної, сушильної камери.

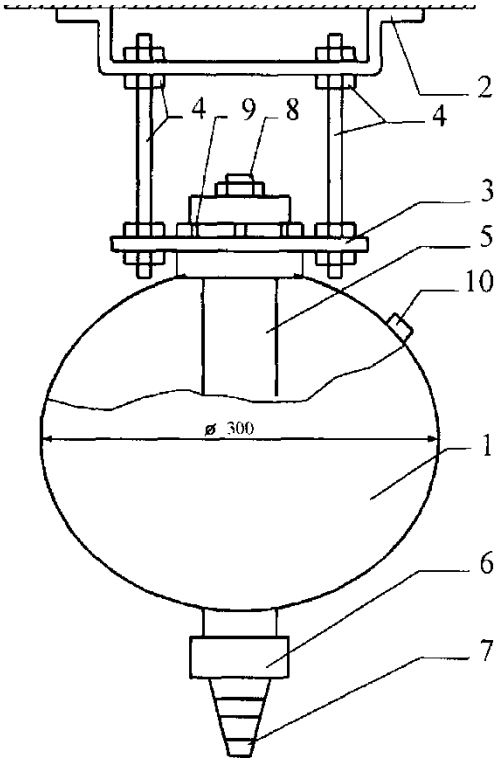


Рис. 3.22 – Схема модуля порошкового пожежогасіння «Тайфун 015»:

1 – корпус із вогнегасним порошком; 2 – монтажна скоба; 3 – монтажна пластина; 4 – шпильки з гайками; 5 – генератор газу; 6 – мембранний вузол; 7 – розпилювач; 8 – електропідпалювач; 9 – монтажна гайка; 10 – запобіжний пристрій

Таблиця 3.10 – Технічні характеристики модуля «Тайфун 015»

Найменування одиниці виміру	Значення
Місткість корпуса, л	15,0±0,6
Марка і маса вогнегасного порошку, кг: Пірант-А ТУ 301-11-10-90 ПСБЗ ТУ 6-18-139-82 Вексон-АБС ТУ 2149-028-10968286-97	 12,0±0,5 13,5±0,5 12,0±0,5
Габаритні розміри корпуса, мм, не більше: діаметр висота (без елементів кріплення)	 300 500
Площа, що захищається, м^2,не менше	12*
Об'єм, що захищається, м^3, не менше	30
Характеристики ланцюга електропідпалювача: струм спрацьовування, А опір ланцюга, Ом струм гарантованого неспрацьовування, А, не більше	 0,4 3,0±0,5 0,01
Марка електрорознімання для відповідної (кабельної) частини ланцюга електропідпалювача	2РМ14КП4М

Модуль порошкового пожежогасіння «Веер–1» (рис. 3.23) призначений для гасіння пожеж класів А, В, С та електроустаткування

під напругою до 1000 В. Модуль є виконавчим елементом в автоматичних і автономних установках порошкового пожежогасіння.

Основною відмінністю «Веера» від виробів типу «Буран» є наявність розпилювача і клапана вихідного отвору.

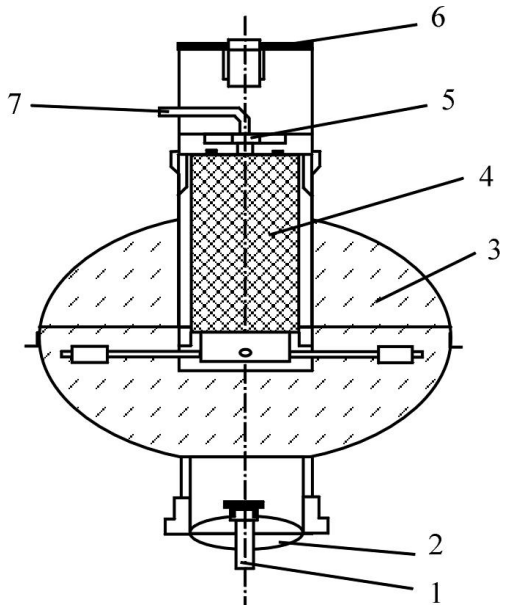


Рис. 3.23 – Схема модуля «Веер-1»:

1 – клапан вихідного отвору (КВО); 2 – розпилювач; 3 – порошок вогнегасний (ВП); 4 – газогенеруючий елемент (ГЕ); 5 – підпалювальний пристрій запуску (ППЗ); 6 – кронштейн; 7 – до джерела електроживлення від мережі автоматичної установки зі штатними пожежними сповіщувачами або до джерела електроживлення типу «Крона» з тепловим детектором автономної установки

Принцип роботи модуля «Веер-1» полягає у наступному. При подачі електричного імпульсу на електроди електропідпалювача ППЗ *5* усередині камери ГЕ *4* відбувається інтенсивне газовиділення. Газ через клапани аератора надходить у корпус модуля. Тиском газу відбувається розкриття КВО *1* і викид ВП через розпилювач у зону горіння.

Технічні характеристики модуля «Веер-1»:

– повна маса спорядженого модуля, кг – 8 ± 0,4;

– маса вогнегасного порошку, кг – 3,5 ±0,18;

– габаритні розміри з настановним кронштейном, мм:

висота 305 ±10;

діаметр 290 ± 5.

Вогнегасна здатність:

Клас А: площа, що захищається, м^2 – до 15;

об’єм, що захищається, м^3 – до 30;

Клас В: площа, що захищається, м^2, – до 15;

обсяг, що захищається, м^3, – до 22;

Максимальний ранг пожежі класу В – 55 В;

Температурний діапазон застосування – від –50 °С до +50°С;

Електричний опір електропідпалювача, Ом – від 1,5 до 5,5;

Безвідмовний струм спрацьовування, А – 0,5;

Безвідмовний струм перевірки стану ланцюга, при постійному контролі, А – не більше 0,005.

Прикладом системи з термоактивуючим ГГ елементом є автономний вогнегасник самоспрацьовуючий порошковий ОСП-1.

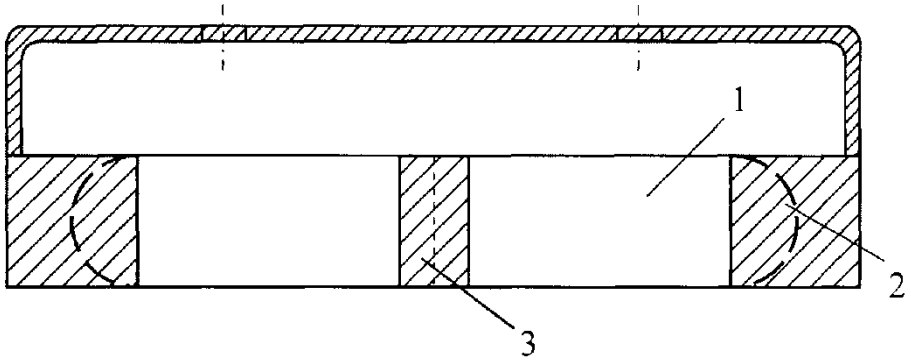


Рис. 3.24 – Загальний вигляд вогнегасника самоспрацьовуючого порошкового ОСП-1:

1 – колба з вогнегасним порошком; 2 – металевий корпус; 3 – термочутлива речовина

Він являє собою герметичну скляну судину 410х50 мм, заповнену вогнегасним порошком масою 1 кг, яка встановлюється в металевий держак над місцем можливого загоряння. Один модуль захищає об'єм до 9 м^3. На рисунку 3.25 показано приклад установки ОСП у закритому електророзподільному пристрої.

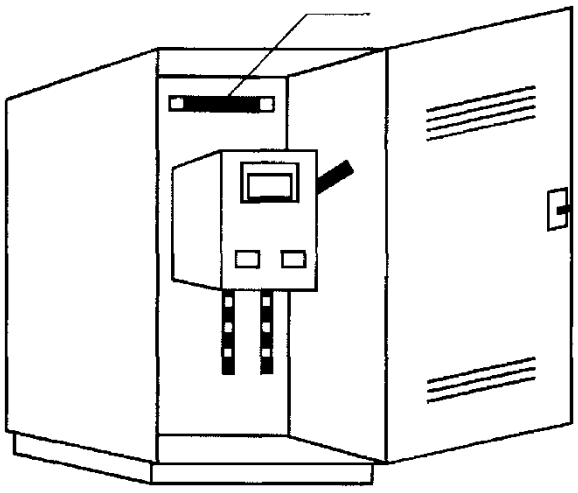


Рис. 3.25 – Закриті електророзподільні пристрої

Діапазон експлуатації вогнегасника: –50 °С ± +50 °С. До сфер застосування розробники відносять: склади ГСМ, приміщення з електричним устаткуванням, кабельні тунелі, а також: гаражі, офіси, котеджі, літні будиночки й інші виробничі та громадські будівлі. До недоліків цих модулів можна віднести те, що від них не передається інформація про спрацьовування, неможливість їх встановлення у місцях, де можуть перебувати люди, бо існує небезпека ураження.

Вогнегасник самоспрацьовуючий «ШАР-1» використовують для гасіння пожеж класів А, В, Е. Принцип дії пристрою полягає в

його самоактивації під впливом відкритого полум'я. При руйнуванні плівкового покриття від дії полум'я вогнепровідний шнур запалюється і передає імпульс піротехнічному пристрою, підрив якого забезпечує викид вогнегасного порошку рівномірно у всіх напрямках. Низька щільність матеріалу корпуса повністю виключає небезпеку утворення при підриві травмонебезпечних осколків.

Приклади розміщення таких вогнегасників наведені на рис. 3.26.

Рис. 3.26 – Модуль порошкового пожежогасіння «ШАР-1»

Технічні характеристики пристрою «ШАР-1»:
– маса (без кронштейна) – 1,5 кг;
– маса вогнегасної речовини – 1,3 ± 0,1 кг;
– зовнішній діаметр – 147 мм;
– температурний діапазон – -40 °С ... +85 °С;
– допустима висота падіння – 2,5 м;
– захищуваний об'єм – 26–30 м^3;
– термін служби – 5 років.

3.3.4 Системи пожежогасіння закачувального типу

Заводом «Пожмашина» випускаються автономні модулі порошкового пожежогасіння закачувального типу «Пума-12П» (рис. 3.27), призначені для гасіння пожеж класу А, В та в електроустаткуванні, яке перебуває під напругою до 1000 В.

Рис. 3.27 – Модуль порошкового пожежогасіння «Пума-12П» (зовнішній вигляд)

Технічні характеристики модуля порошкового пожежогасіння «Пума-12П»:

Місткість корпуса, $м^3$(л) – 0,0145±0,0005 (14,5±0,5);

Марка й маса застосовуваного вогнегасного порошку, кг, не менше

– П-2АП ТУ В 6-05766362.001-97 – 12_{-01};

– П-2АПМ ТУ В 6-05766362.007-97 – 12_{-01};

Температура руйнування теплового замка вузла випуску установки (температура спрацьовування установки), °С – 72±2;

Робочий тиск робочого газу (стисненого повітря або азоту) в корпусі установки за температури навколишнього повітря 20 °С, МПа ($кгс/см^2$) – 1,25+0,04 (0,125+0,04);

Тривалість подачі вогнегасного порошку з установки, с, не більше – 24;

Відносна маса залишку вогнегасного порошку в корпусі після спрацьовування установки, %, не більше – 15;

Вогнегасна здатність (під час гасіння бензину А-76, усередині приміщення) для установок типу ПУМА-12П і ПУМА-12П-01 – 2,8;

Площа, що захищається, у випадку гасіння модельних осередків пожежі класу А (для установок ПУМА-12П, ПУМА-12П.01), $м^2$, не менше:

– для висоти розміщення 1,5 м – 3,4;

– для висоти розміщення 3,0 м – 7,0;

Площа, що захищається, у випадку гасіння модельних осередків пожежі класу В (для установок ПУМА-12П, ПУМА-12П.01), м^2, не менше – 3,4;

Об'єм, що захищається: (для установок типу ПУМА-12П-02, ПУМА-12П-03, ПУМА-12П-04, ПУМА-12П-05, під час гасіння модельних осередків):

– об'єм, що захищається, класу А, м^3, не менше – 35,4;

– об'єм, що захищається, класу В, м^3, не менше – 27,5;

Маса установки конструктивна, кг, не більше – 12;

Маса установки повна, кг, не більше – 24;

Діапазон температур зберігання й експлуатації установки в режимі чергування для кліматичних виконань:

– для установок типу ПУМА-12П, ПУМА-12П-02, ПУМА-12П-04, °С – від -20 °С до +50 °С

– для установок типу ПУМА-12П-01, ПУМА-12П-03, ПУМА-12П-05, °С – від -50 °С до +50 °С

Призначений термін служби установки до списання, років, не менше – 10;

Габаритні розміри (висота:ширина:довжина), мм, не більше – 450:355:420.

Конструкція модуля представлена на рис. 3.28 і складається з корпуса *1*, в якому знаходиться вогнегасний порошок *2*. Як чутливий елемент та випускний отвір використовується спринклерний зрошувач *3*. Для контролю тиску в модулі застосовується індикаторний манометр *5*. Кріплення модуля до конструкцій виконується за допомогою кронштейна *4*.

Принцип роботи автономного модуля полягає у наступному: у черговому режимі порошок у корпусі знаходиться під тиском. При виникненні пожежі тепловий замок спринклерного зрошувача руйнується і вогнегасний порошок подається до осередку пожежі.

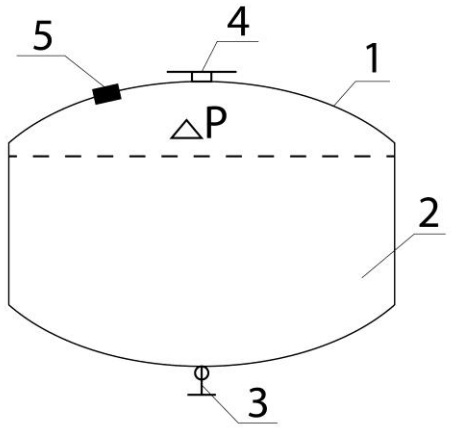


Рис. 3.28 – Принципова схема модуля порошкового пожежогасіння «Пума-12П»:

1 – корпус; 2 – порошок; 3 – спринклерний зрошувач; 4 – кронштейн; 5 – індикаторний манометр

На українському ринку систем протипожежного призначення фірмою «Бранд-Мастер» достатньо широко представлялено різноманітні системи порошкового пожежогасіння закачувального типу.

Модулі порошкового пожежогасіння (МПП) серії «БРАНД-3», «БРАНД-6», «БРАНД-12», «БРАНД-15» виготовлені згідно ТУ У 28.2-30784208-016:2017.

Модулі порошкового пожежогасіння призначені для тривалого зберігання під тиском і випуску у простір, що підлягає захисту, вогнегасного порошку, при подачі пускового імпульсу на піротехнічний пускач або при саморуйнуванні термочутливої колби запірно-пускового пристрою (ЗПП), для гасіння пожеж класу А (горіння твердих речовин), В (горіння рідких речовин), С (горіння газів) за ДСТУ EN 2 (ГОСТ 27331) і електроустаткування під напругою (згідно технічної документації на вогнегасний порошок). Застосування автоматичних систем порошкового пожежогасіння для пожеж класу С є можливим тільки у випадках, якщо забезпечено припинення подачі газу в захищувану зону до початку подачі вогнегасного порошку.

Конструктивно модуль являє собою балон еліптичної форми із ЗПП, який заповнений вогнегасним порошком і газом-носієм. Загальний вигляд модуля представлено на рис. 3.29.

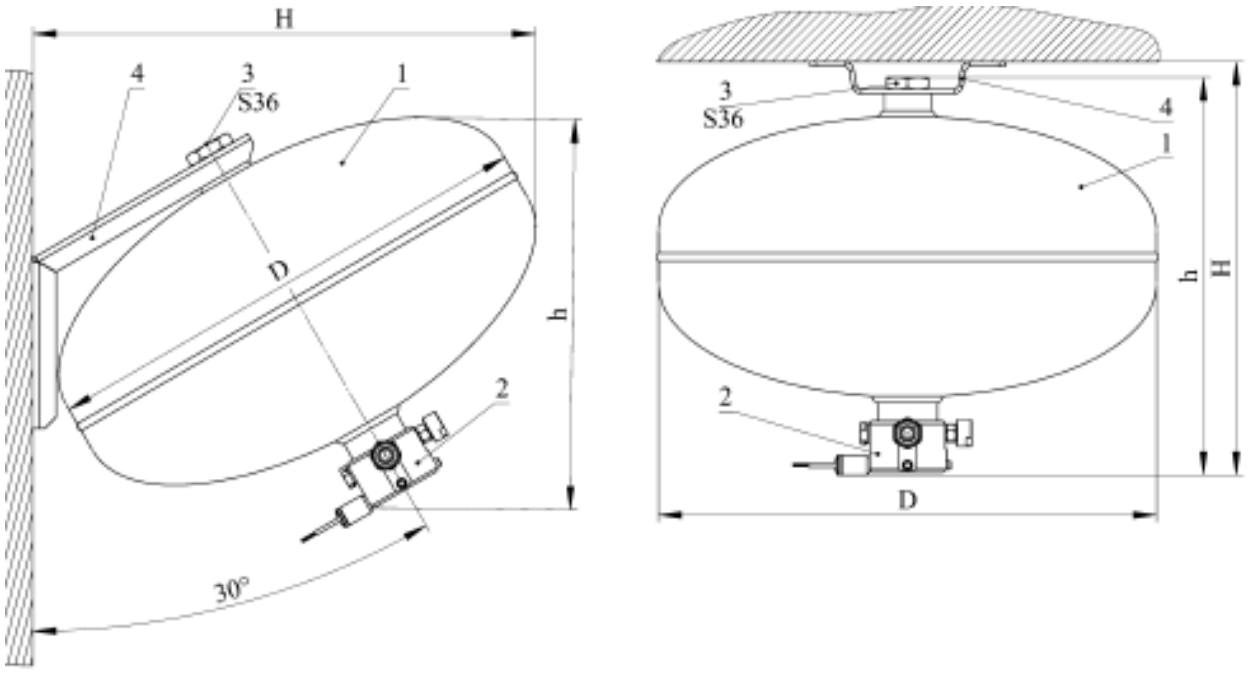


Рис. 3.29 – Загальний вигляд МПП «БРАНД»:

1 – балон модуля; 2 – ЗПП; 3 – болт кріплення; 4 – кронштейн кріплення

У верхній частині балона розташований кронштейн кріплення (рис. 3.30). У нижній частині балона розміщена горловина, в яку за

допомогою різьбового з'єднання встановлено ЗПП із запобіжним пристроєм мембранного типу, індикатором тиску, сигналізатором тиску, піротехнічним пускачем (в модулях з електричним пуском) і термочутливою скляною колбою (рис. 3.31).

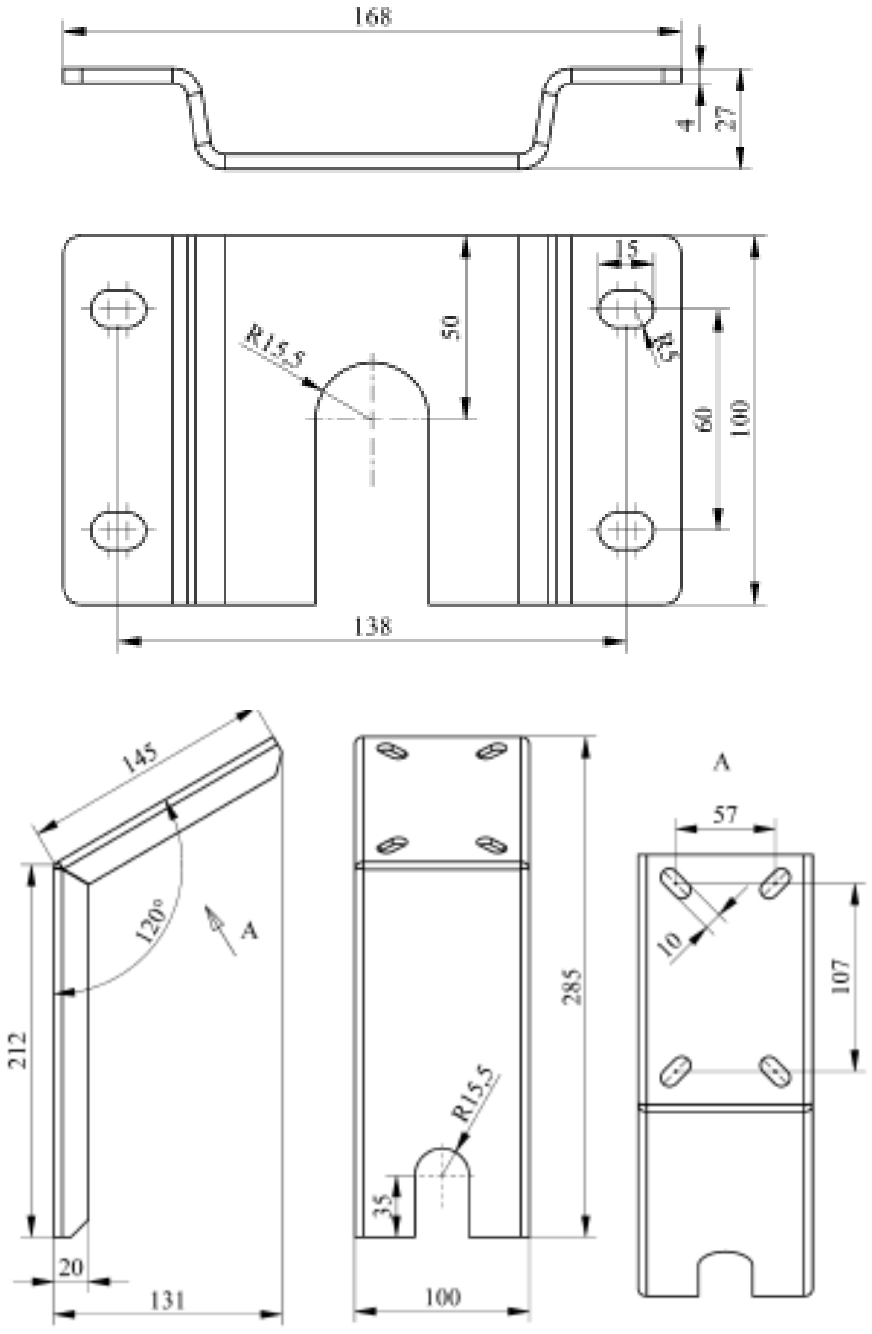


Рис. 3.30 – Кронштейн кріплення МПП «БРАНД»

Принцип дії модуля з електричним пуском полягає у наступному: при подачі електричного імпульсу на піротехнічний пускач ПТП.Е-1 *3* (рис. 3.31) відбувається утворення порохових газів, які переміщують штовхач *2* (рис. 3.32) у бік термочутливої колби *8* (рис. 3.31), внаслі-

док чого відбувається її руйнування. Після руйнування колби відкривається клапан ЗПП *2* (рис. 3.31). Вогнегасний порошок під дією робочого тиску газу-носія подається в зону, що захищається.

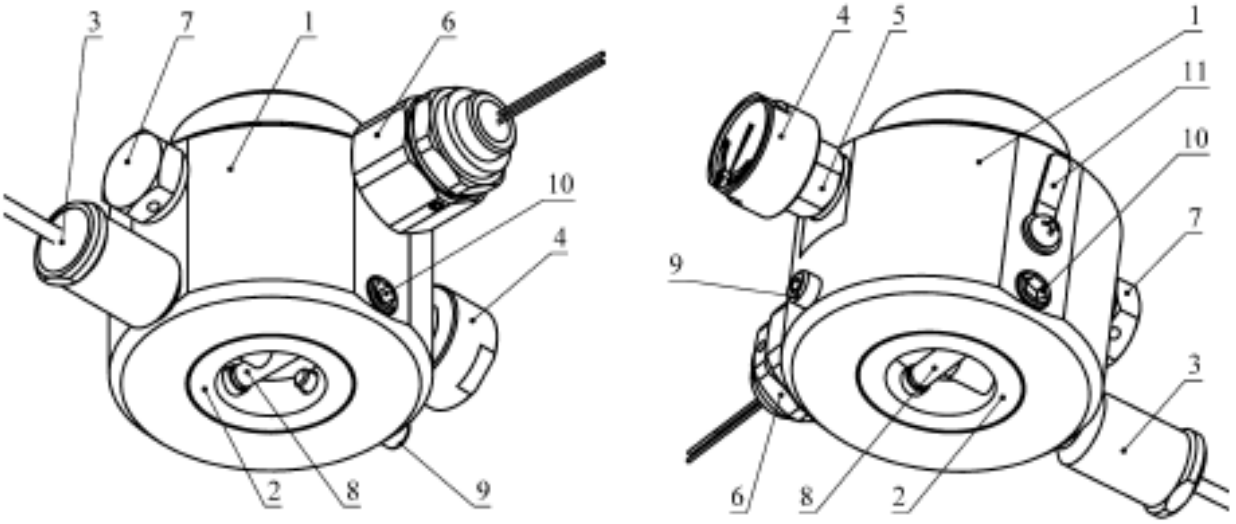


Рис. 3.31 – Запірно-пусковий пристрій МПП «БРАНД»:

1 – корпус; 2 – клапан; 3 – піротехнічний пускач (при електричному пуску); 4 – індикатор тиску; 5 – перехідник індикатора зі зворотним клапаном; 6 – сигналізатор тиску; 7 – запобіжний пристрій мембранного типу; 8 – термочутлива колба; 9 – транспортний гвинт; 10 – підтискні гвинти колби; 11 – клема заземлення

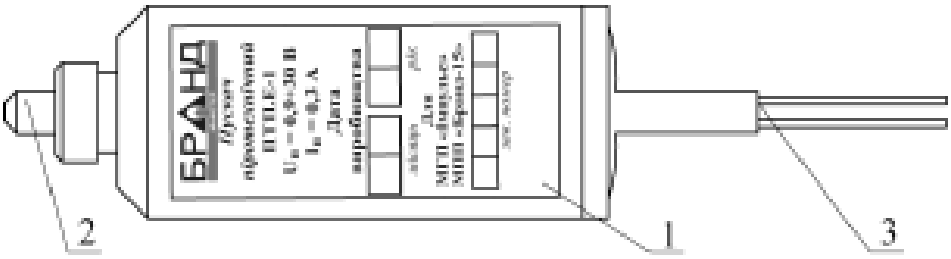


Рис.3.32 – Піротехнічний пускач МПП «БРАНД»

При падінні тиску під час випуску вогнегасного порошку відбувається розмикання контактів (NO) сигналізатора тиску *6* (рис. 3.31) з подальшою комутацією сигналу на ППКП.

Автономний пуск полягає у наступному: підвищення температури в закритому приміщенні вище 68 (93) °С приводить до саморуйнування термочутливої колби і відкриття клапана ЗПП (поз. 2, рис. 3.31) з подальшою подачею вогнегасного порошку під дією робочого тиску газу-носія у зону, що захищається. При падінні тиску під час випуску відбувається розмикання контактів (NO).

Таблиця 3.11 – Технічні характеристики модулів

Найменування показників	Од. вим.	Тип модуля			
		МПП «Бранд -3»	МПП «Бранд -6»	МПП «Бранд -12»	МПП «Бранд -15»
1	2	3	4	5	6
Ємність модуля	л	5,2+0,2	10,3+0,3	14,5+0,3	24,0±0,5
Марка ВП	-	«ПРО-МИКС АВС-50» ТУ У 20.5-2973507555-001:2015			
Маса заряду ВП	кг	4,0±0,05	8,0±0,05	11,0±0,1	19,0±0,2
Тиск спрацьовування запобіжного пристрою мембранного типу	бар	24,0±2,0			
Робочий тиск (Рраб), за температури 20±2 ^{0}С	бар	16,0±1,0			
Тип газу-носія	-	азот			
Розрахунковий тиск (Рроз), за температури 50±2 ^{0}С, не більше	бар	18,0±1,0			
Пробний тиск (Рпр) балона модуля	бар	27,0			
Тривалість приведення в дію (інерційність) модуля з піротехнічним пускачем, не більше	с	1			
Тривалість подачі вогнегасного порошку, не більше	с	1	2	3	4
Тип модуля за тривалістю подачі вогнегасного порошку		імпульсний	короткочасної дії		
Конструктивна маса модуля без кріплення, не більше	кг	4,4	5,6	7,9	11,9
Повна маса модуля без кріплення, не більше	кг	8,4	13,6	19,0	31,1
Маса залишку ВП після спрацьовування модуля при стельовому кріпленні, не більше	кг	0,1	0,1	0,1	0,1
Маса залишку ВП після спрацьовування модуля при настінному кріпленні, не більше	кг	0,2	0,5	0,8	1,1
Коефіцієнт залишку (Кзал)* після спрацьовування за умов стельового кріплення	-	1,03	1,01	1,01	1,01
Коефіцієнт залишку (Кзал)* після спрацьовування за умов настінного кріплення	-	1,05	1,06	1,07	1,06
Діапазон температур експлуатації модулів	°С	від мінус 20 °С до плюс 50 °С			

Продовження таблиці 3.11

1	2	3	4	5	6
Температура руйнування термочутливої колби ЗПП	^{0}C	68±3 % (червоний)93±3 % (зелений)			
Колір модуля	-	білий			
Ресурс спрацювання, не менше	раз	5			
Термін служби, не менше	років	10			
Параметри електричного ланцюга сигналізатора тиску					
Тиск спрацьовування сигналізатора тиску	бар	0,1			
Сила струму, не більше	А	0,1			
Параметри електричного пуску піротехнічного пускача					
Пускова напруга на контактах ПТП	В	від 0,9 до 30,0			
Струм повного запалювання (спрацьовування) заряду ПТП, не менше	А	0,3			
Тривалість пускового імпульсу, не менше	с	1,0			
Опір електричного ланцюга	Ом	від 1,4 до 3,0			
Безпечний струм перевірки цілісності електричного ланцюга ПТП, не більше	А	0,01			
Гарантований строк придатності ПТП (з дати виготовлення) за нормальних умов перебування в режимі «чергування» («зберігання»)	років	2			
Примітка: * – відповідно до п. Г.3.7.2 ДБН В.2.5-56.					

Модулі порошкового пожежогасіння серії «Бранд-100» також є системами закачувального типу та можуть застосовуватися у складі автоматичних систем порошкового пожежогасіння або як автономна система пожежогасіння із застосуванням тросової системи пуску і призначені для гасіння пожеж класу А, В, С та електрообладнання під напругою до 1000 В.

Конструкція модуля представлена на рис. 3.33 і складається з корпуса *1* в якому знаходиться вогнегасний порошок під тиском. Запірно-пусковий пристрій *2* може приводитись у дію як від системи пожежної сигналізації за допомогою двох піропатронів (автоматична система), так і від тросової збуджувальної системи (автономна система). Для контролю тиску в модулі застосовується індикаторний манометр *4*. Заряджається модуль вогнегасним порошком через зарядну горловину.

Принцип роботи модуля полягає у наступному: у черговому режимі порошок у корпусі знаходиться під тиском. Якщо система використовується як автоматична, то при виникненні пожежі спрацьовують пожежні сповіщувачі, передають сигнал на приймально-контрольний прилад (прилад керування), де формується сигнал на підрив піропатронів запірно-пускового пристрою (рис. 3.34). У разі використання системи як автономної, чутливим елементом є тепловий замок тросової збуджувальної системи, який руйнується під впливом підвищення температури і приводить в дію запірно-пусковий пристрій.

До відмітних параметрів модуля слід віднести можливість інтенсивної подачі вогнегасного порошку за рахунок тиску газувитискувача порошкового середовища (1,6 МПа), великий прохідний переріз в зоні ЗПП (40 мм), а також простоту і надійність під час експлуатації. Подача ВП може здійснюватися як в об'ємі з використанням 4 насадок-розпилювачів з умовним проходом Ду25, так і по площі (в локальному об'ємі) з використанням восьми насадок-розпилювачів з умовним проходом Ду20. На рис. 3.35 показано найбільш типову трубну розводку під час гасіння в локальному об'ємі, а на рис. 3.36 – в об'ємі.

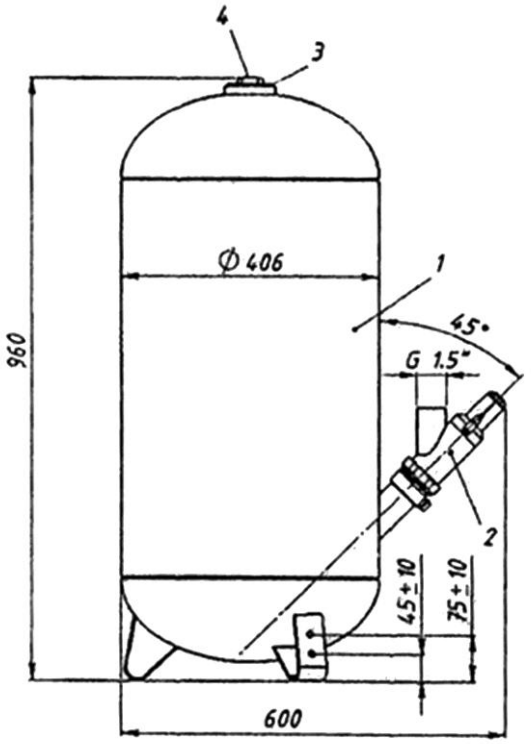


Рис. 3.33 – Принципова схема модуля порошкового пожежогасіння «Бранд-100»:

1 – корпус; 2 – запірно-пусковий пристрій; 3 – зарядна горловина; 4 – індикаторний манометр

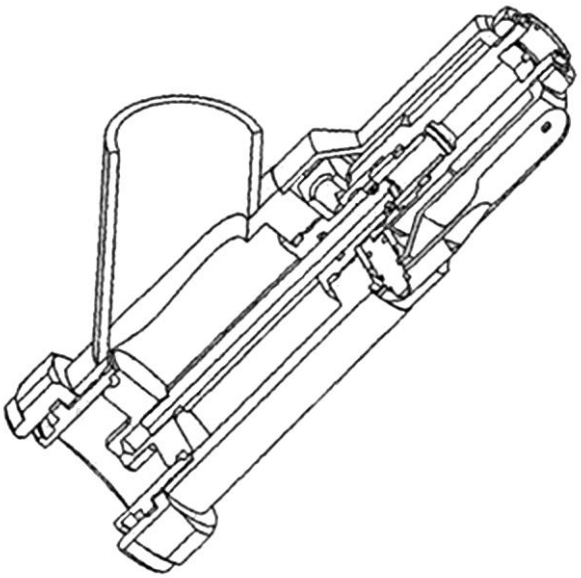


Рис. 3.34 – Запірно-пусковий пристрій модуля порошкового пожежогасіння «Бранд-100»

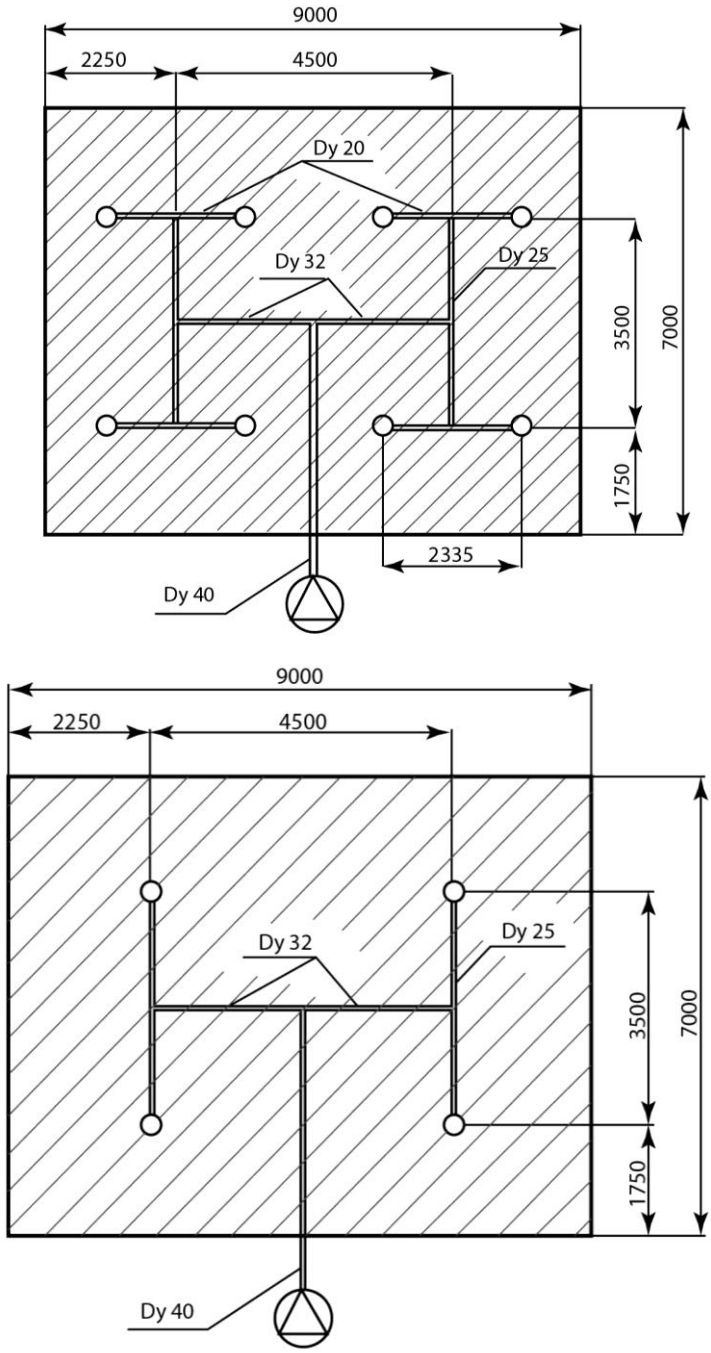


Рис. 3.35 – Трубна розводка

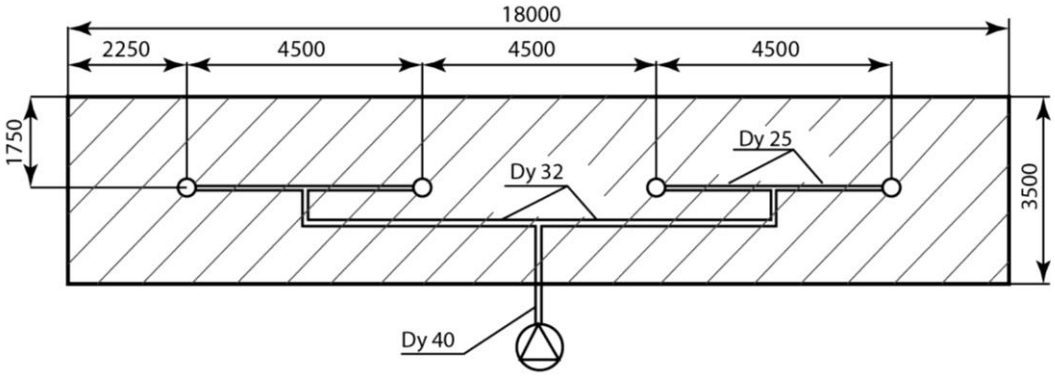


Рис. 3.36 – Трубна розводка

При роботі з модулями закачувальної дії й підключенні трубопроводу слід виключити механічні впливи на ЗПП з метою недопущення розгерметизації модуля і втрати тиску. Для цього монтажна організація повинна провести відповідну роботу з підготовки труб, фітингів, з'єднань, а також повинна мати для цього спеціальний інструмент.

3.4 Методика розрахунку систем порошкового пожежогасіння

Визначення основних параметрів установок порошкового пожежогасіння при проектуванні включає такі етапи:

1) визначення характеристик пожежної небезпеки об'єкта, що захищається;

2) вибір способу гасіння;

3) вибір способу подавання вогнегасного порошку (далі – ВП);

4) вибір типу й марки ВП;

5) визначення основних параметрів установки, які забезпечують ефективність її застосування для захисту даного об'єкта (маса заряду, витрати, тривалість подавання ВП, показники вогнегасної ефективності, необхідна кількість модулів у складі модульної установки порошкового пожежогасіння);

6) вибір конструкції розподільного трубопроводу й типу застосовуваних розпилювачів, які забезпечують найбільш ефективне розподілення вогнегасного порошку, що подається у зону, яка захищається (в об'ємі або на площі).

Визначення характеристик пожежної небезпеки об'єкта, що захищається

На даному етапі мають бути виявлені всі потенційні джерела загорянь, наявність і розміщення горючих рідин. З урахуванням особливостей технологічного процесу та об'ємно-компонувальних характеристик об'єкта, що захищається, повинні бути визначені передбачуваний характер розвитку і клас можливої пожежі (згідно з ГОСТ 27331), розміри та місце розташування пожежонебезпечних зон, а також отворів в огорожах, що не закриваються.

Вибір способу гасіння

Залежно від характеристик об'єкта, що захищається, особливостей технологічного процесу обирається один із таких способів:

- об'ємний;
- поверхневий;
- локальний об'ємний;
- локальний поверхневий.

Вибір способу подавання ВП

Подавання ВП у зону, що захищається, може здійснюватися згори або збоку.

Подавання ВП згори здійснюється, як правило, з розпилювачів, установлених стаціонарно в розподільному трубопроводі під стелею приміщення, що захищається (гасіння об'ємним або поверхневим способом), або над устаткуванням, яке захищається, поверхнею можливого розливання горючої рідини тощо (локальне гасіння).

Подавання ВП збоку застосовується, як правило, для гасіння пожеж у відкритих резервуарах за рахунок використання розпилювачів, які формують плоский широкий струмінь, встановлених по периметру їх стінок, а також для захисту панелей керування або площі підлоги під технологічним устаткуванням тощо.

Вибір типу і марки ВП

Для гасіння пожеж твердих, рідких і газоподібних речовин (пожежі класів А, В і С згідно з ГОСТ 27331), а також електрообладнання під напругою до 1000 В і більше (залежно від марки вогнегасного порошку) повинні застосовуватись ВП, які задовольняють вимоги ДСТУ 3105 і сертифіковані в Україні.

Розраховуючи параметри установок з використанням марок ВП, наведених у додатку Г [1], слід приймати такі мінімальні значення інтенсивності подавання ВП:

– для об'ємного гасіння – $I = 0{,}02$ кг·с$^{-1}$·м$^{-3}$;

– для локального гасіння за об'ємом – $I = 0{,}04$ кг·с$^{-1}$·м$^{-3}$;

– для локального гасіння за площею «всередині» – $I = 0{,}30$ кг·с$^{-1}$·м$^{-2}$;

– для локального гасіння за площею «зовні» – $I = 0{,}45$ кг· с$^{-1}$·м$^{-2}$.

Визначення основних параметрів установок пожежогасіння об'ємним способом

Параметри установки об'ємного пожежогасіння з розподільною мережею

Мінімальна маса ВП, кг, необхідна для захисту даного приміщення, розраховується за формулою:

$$M_{\min} = M_1 + M_2 + M_3, \qquad (3.1)$$

де M_1 – основна маса ВП, пропорційна об'єму приміщення, що захищається, кг;

M_2 – додаткова маса ВП для компенсації винесення частини порошку через відкриті отвори, площа кожного з яких $S_{от1}$ менше

5 % від загальної площі огороджувальних будівельних конструкцій – $S_{ог}$, причому сумарна площа таких отворів більше 1 %, але менше 15 % від $S_{ог}$, кг;

M_3 – додаткова маса ВП для компенсації винесення порошку через отвори, площа кожного з яких $S_{от2}$ більше 5 % від $S_{ог}$, а сумарна площа таких отворів не перевищує 15 % від $S_{ог}$, кг.

Маси M_1 і M_2 під час викиду повинні рівномірно розподілятися по об'єму, що захищається. Маса M_3 повинна подаватися уздовж відповідного отвору пропорційно його площі $S_{от2}$.

$$M_1 = q_{vo} \cdot V_з, \tag{3.2}$$

$$M_2 = 2{,}5\Sigma S_{от1}, \tag{3.3}$$

$$M_3 = 5{,}0\Sigma S_{от2}, \tag{3.4}$$

де q_{vo} – норма подачі ВП для об'ємного гасіння, кг·м$^{-3}$;

$V_з$ – об'єм приміщення, що захищається, м^3;

$S_{от1}$ – площа отворів, площа кожного з яких менше 5 % від загальної площі огороджувальних конструкцій, м^2;

$S_{от2}$ – площа отворів, кожна з яких більше 5% від загальної площі огороджувальних конструкцій, м^2;

2,5 – норма подачі додаткової кількості ВП для компенсації його винесення через отвори площею $S_{от1}$, кг·м$^{-2}$;

5,0 – норма подачі додаткової кількості ВП для компенсації його винесення через отвори площею $S_{от2}$, кг·м$^{-2}$.

В разі використання вогнегасних порошків, перелічених у рекомендованому додатку Г [1], приймається норма подавання

$$q_{vo} = 0{,}6 \text{ кг·м}^{-3}.$$

Мінімальна витрата ВП, кг·с$^{-1}$, яку повинна забезпечити установка, визначається за формулою

$$G_{min} = \frac{M_{min}}{30}. \tag{3.5}$$

При цьому інтенсивність подачі ВП повинна бути

$$I_{vo} \geq 0{,}02 \text{ кг· с}^{-1}\text{·м}^{-3}.$$

Мінімальна тривалість витікання ВП – $t_{\text{тіп}}$, під час роботи установки пожежогасіння об'ємним способом із розподільною мережею визначається за формулою

$$t_{\min} = 0{,}67\, q_{\text{vo}} \cdot I_{\text{vo}}^{-1}, \qquad (3.6)$$

але повинна бути не менше 5 с.

Для інших займистих матеріалів і марок ВП значення вказаних норм подачі можуть уточнюватись на підставі результатів вогневих випробувань.

На підставі значень $M_{\min}$, $G_{\min}$ та $t_{\min}$ обирається установка, що забезпечує зберігання відповідної кількості ВП і подавання його з потрібною витратою. При цьому трубопровідна розподільна мережа установки з розпилювачами повинна забезпечити максимальну рівномірність розподілу ВП, який подається в об'єм приміщення, що захищається.

Приклад розрахунку установки об'ємного пожежогасіння:

Об'єкт: фарбувальний цех;

Розміри приміщення: А×В×Н = 6×8×4 м;

Кількість відкритих прорізів – 3 шт.

Площа відкритих прорізів по відношенню до площі огороджувальних конструкцій – S_1 = 3 %, S_2 = 4 %, S_3 = 7 %.

Оскільки сумарно площа відкритих прорізів не перевищує 15 %, то можна застосовувати об'ємне пожежогасіння.

Для визначення параметрів установок об'ємного пожежогасіння обираємо за додатком Г [1] вогнегасний порошок загального призначення П-2АП (ТУ У6-057663662-001ТУ).

Загальний об'єм приміщення:

$$V_{\text{з}} = \text{А}\times\text{В}\times\text{Н} = 6\times8\times4 = 192 \text{ м}^3. \qquad (3.7)$$

Для обраного порошку норма подачі ВП для об'ємного гасіння:

$$q_{\text{vo}} = 0{,}6 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-3}.$$

Основна маса ВП M_1 згідно (3.2) буде дорівнювати:

$$M_1 = q_{\text{vo}} \cdot V_{\text{з}} = 0{,}6\cdot192 = 115{,}2 \text{ кг}.$$

Для визначення площі відкритих прорізів необхідно визначити площу огороджувальних конструкцій:

$$S_{ок} = 2\cdot(A\times B + A\times H + B\times H) = 2\cdot(6\times 8 + 6\times 4 + 8\times 4) = 208 \text{ м}^2. \quad (3.8)$$

Визначаємо площу відкритих прорізів:

$$S_1 = 0{,}03\cdot S_{ок} = 0{,}03 \cdot 208 = 6{,}24 \text{ м}^2.$$

$$S_2 = 0{,}04\cdot S_{ок} = 0{,}04 \cdot 208 = 8{,}32 \text{ м}^2.$$

$$S_3 = 0{,}07\cdot S_{ок} = 0{,}07 \cdot 208 = 14{,}56 \text{ м}^2.$$

Оскільки площа отворів S_1, S_2 менше, ніж 5 %, то для визначення додаткової маси вогнегасного порошку застосовуємо формулу (3.3).

$$M_2 = 2{,}5\cdot(S_1 + S_2) = 2{,}5\cdot(6{,}24 + 8{,}32) = 36{,}4 \text{ кг}.$$

Оскільки площа отвору S_3 більше, ніж 5 %, то для визначення додаткової маси вогнегасного порошку застосовуємо формулу (3.4).

$$M_3 = 5\cdot S_1 = 5\cdot 14{,}56 = 72{,}8 \text{ кг}.$$

Таким чином, загальна мінімальна кількість вогнегасного порошку, необхідного для захисту фарбувальної камери, буде складати:

$$M_{\min} = M_1 + M_2 + M_3 = 115{,}2 + 36{,}4 + 72{,}8 = 224{,}4 \text{ кг}.$$

Визначаємо мінімальну витрату ВП за формулою (3.5):

$$G_{\min} = \frac{M_{\min}}{30} = \frac{224{,}4}{30} = 7{,}48 \text{ кг/с}.$$

Визначаємо мінімальну тривалість випуску вогнегасної речовини за формулою (3.6):

$$t_{\min} = 0{,}67\, q_{vo}\cdot I_{vo}^{-1}. = 0{,}67\cdot 0{,}6\cdot 0{,}02^{-1} = 20{,}1 \text{ с}.$$

За отриманими значеннями $M_{\min}$, $G_{\min}$, $t_{\min}$ обираємо установку порошкового пожежогасіння.

Визначення основних параметрів установок локального пожежогасіння об'ємним способом

Мінімально необхідна маса ВП, кг, розраховується за формулою

$$M_{\min} = q_{\text{вл}} \cdot V_{\text{зл}}, \qquad (3.9)$$

де $q_{\text{вл}}$ – норма подачі ВП для локального гасіння за об'ємом для ВП, які перелічені в додатку Г [1], приймається $q_{\text{вл}} = 1{,}2$ кг · м^3;

$V_{\text{зл}}$ – розрахунковий об'єм, що захищається, м^3.

Величина $V_{\text{зл}}$ визначається на підставі геометричних розмірів устаткування, яке захищається, збільшених на 1,5 % кожний:

$$V_{\text{зл}} = 1{,}15^3 \cdot A \cdot B \cdot H = 1{,}52 \cdot A \cdot B \cdot H, \qquad (3.10)$$

де A, B, H – відповідно довжина, ширина та висота обладнання, що підлягає захисту, м.

Мінімальна витрата ВП, кг·с$^{-1}$, що визначається аналогічним чином і для установок об'ємного гасіння:

$$G_{\min} = \frac{M_{\min}}{30}. \qquad (3.11)$$

При цьому інтенсивність подачі ВП, кг·с$^{-1}$·м$^{-3}$, повинна бути

$$I_{\text{вл}} \geq 0{,}04.$$

Мінімальна тривалість витікання ВП – $t_{\min}$, під час роботи установки локального пожежогасіння об'ємним способом визначається за формулою:

$$t_{\min} = 0{,}67\, q_{\text{вл}} / I_{\text{вл}}, \qquad (3.12)$$

але повинна бути не менше 5 с.

Для інших горючих матеріалів і марок ВП значення вказаних норм подачі можуть уточнюватись на підставі результатів вогневих випробувань.

Тривалість подавання ВП – $t_{\text{у}}$ також повинна бути в межах від 20 до 30 с.

Після вибору установки, яка забезпечуватиме вказані характеристики, розпилювачі розміщують так, щоб газопорошкові струме-

ні, що витікають, зрошували зовнішні поверхні устаткування, яке підлягає захисту.

Для підвищення ефективності цього способу гасіння рекомендується встановлювати довкола устаткування, яке захищається, щити з негорючих матеріалів із ненормованою межею вогнестійкості – для затримання ВП, який подається в об'єм, що захищається.

Приклад розрахунку установки локального пожежогасіння за об'ємом:

Об'єкт: стенд для випробування двигунів внутрішнього згорання.

Розміри стенда: А×В×Н = 2×3×1,5 м.

Для визначення параметрів установок локального пожежогасіння за об'ємом обираємо за додатком Г [1] вогнегасний порошок загального призначення П-2АП (ТУ У6-057663662-001ТУ).

Для визначення необхідної мінімальної маси вогнегасного порошку необхідно розрахувати об'єм, що захищається, за формулою (3.10):

$$V_{зл} = 1{,}15^3 \cdot A \cdot B \cdot H = 1{,}52 \cdot A \cdot B \cdot H = 1{,}52 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 1{,}5 = 13{,}68 \text{ м}^3.$$

Мінімальна маса вогнегасного порошку розраховується за формулою (3.9):

$$M_{\min} = q_{вл} \cdot V_{зл} = 1{,}2 \cdot 13{,}68 = 14{,}416 \text{ кг}.$$

Мінімальна витрата розраховується за формулою (3.11):

$$G_{\min} = \frac{M_{\min}}{30} = \frac{14{,}416}{30} = 0{,}5472 \text{ кг/с}.$$

Визначаємо мінімальну тривалість випуску вогнегасної речовини за формулою (3.12):

$$t_{\min} = 0{,}67\, q_{vo} \cdot I_{vo}^{-1}. = 0{,}67 \cdot 1{,}2 \cdot 0{,}04^{-1} = 20{,}1 \text{ с}.$$

За отриманими значеннями $M_{\min}$, $G_{\min}$, $t_{\min}$ обираємо установку порошкового пожежогасіння.

Визначення основних параметрів установок локального пожежогасіння поверхневим способом

Параметри установки локального пожежогасіння поверхневим способом із розподільною мережею

Мінімально необхідна для гасіння маса порошку в разі використання ВП, що перелічені в рекомендованому додатку Г [1], визначається на основі норми подачі, яка розраховується за формулою:

$$q_s = 0{,}45\ к_у\ (к_{сп} + 1{,}44\ \sqrt{S}\ ), \qquad (3.13)$$

де q_s – норма подачі ВП для локального гасіння по площі, кг·м$^{-2}$;

S – площа гасіння (наприклад, максимальна площа розливу горючої рідини під час пожежі), м^2;

$к_{сп}$ – коефіцієнт, який залежить від способу подавання ВП;

$к_у$ – коефіцієнт, який залежить від умов гасіння, всередині приміщення («всередині») або на відкритому майданчику («зовні»).

У таблиці 3.12 наведені значення коефіцієнтів $к_{сп}$ і $к_у$, а також формули для визначення норми подавання q_s.

Таблиця 3.12

Спосіб подавання ВП	Умови гасіння	Значення коефіцієнтів		Формула розрахунку норми подачі ВП q_s, кг·м$^{-2}$
		$к_{сп}$	$к_у$	
Зверху	Всередині	4	1	$q_s = 0{,}45\ (4+1{,}44\sqrt{S}\ )$
Зверху	Зовні	4	1,5	$q_s = 0{,}7\ (4+1{,}44\sqrt{S}\ )$
Збоку	Всередині, $S < 20$ м^2; $S \geq 20$ м^2	 0 0	 1 1	 $q_s = 2{,}6$ $q_s = 0{,}6\sqrt{S}$
Збоку	Зовні, $S < 25$ м^2 $S \geq 25$ м^2	 0 0	 1,5 1,5	 $q_s = 4{,}5$ $q_s = 0{,}9\sqrt{S}$

Примітка. Значення коефіцієнтів і формули для розрахунку норми подачі вогнегасного порошку для гасіння «зовні» є дійсними тільки для застосування установок, коли швидкість вітру не перевищує 3 м·с$^{-1}$.

Мінімальна маса ВП, кг, визначається за формулою

$$M_{min} = q_s \cdot S\,. \qquad (3.14)$$

Мінімальна витрата ВП, кг·с$^{-1}$, визначається на основі експериментально встановленого для кожної марки ВП значення мінімальної інтенсивності – I_s, кг·с$^{-1}$·м$^{-2}$:

$$G_{\min} = \frac{M_{\min} I_s}{q_s}. \quad (3.15)$$

Мінімальна тривалість подавання ВП, с, розраховується за формулою:

$$t_{\min} = 0{,}67\ \kappa_{\text{у}}\ \frac{q_{\text{s}}}{I_{\text{s}}}. \quad (3.16)$$

На підставі значень $M_{\min}$, $G_{\min}$ та $t_{\min}$ здійснюється вибір установки з відповідними технічними характеристиками. При цьому повинні задовольнятися умови:

$$M_{\text{з}} \geq \kappa_{\text{зал}} \cdot M_{\min}, \quad (3.17)$$

$$G_{\text{у}} \geq G_{\min}, \quad (3.18)$$

$$t_{\text{у}} \geq t_{\min}, \quad (3.19)$$

де $M_{\text{з}}$ – маса заряду ВП в резервуарі установки, кг;

$\kappa_{\text{зал.}}$ – коефіцієнт залишку, який визначається на підставі регламентованої в паспорті або ТУ на установку граничної величини залишку ВП після спрацьовування (за регламентованим 5%-м залишком – $\kappa_{\text{зал.}}$=1,05, за 10%-м залишком – $\kappa_{\text{зал.}}$=1,1 тощо);

$G_{\text{у}}$ – витрата ВП, яка забезпечується установкою, кг·с$^{-1}$;

$t_{\text{у}}$ – тривалість подавання ВП під час роботи установки, с.

Залежно від геометричних розмірів площі гасіння та можливостей забезпечення монтажу здійснюється розміщення розпилювачів і трасування розподільного трубопроводу відповідно до рекомендацій, наведених у паспортах відповідних установок.

Приклад розрахунку установки локального пожежогасіння по площі:

Об’єкт: імовірна площа розливу нафти;

Розміри площі: А×В = 8×10 м;

Імовірний розлив нафти у закритому приміщенні.

Подача вогнегасного порошку здійснюється збоку.

Визначаємо норму подачі ВП для локального гасіння по площі за рекомендаціями, наведеними в таблиці 3.12:

$$q_{\text{s}} = 0{,}6\sqrt{S} = 0{,}6\sqrt{80} = 5{,}37\ \text{кг/м}^2.$$

Мінімальна маса вогнегасного порошку розраховується за формулою (3.14):

$$M_{\min} = q_s \cdot S = 5{,}37 \cdot 80 = 429{,}6 \text{ кг.}$$

Мінімальна витрата розраховується за формулою (3.15):

$$G_{\min} = \frac{M_{\min} \cdot I_s}{q_s} = \frac{429{,}6 \cdot 0{,}3}{5{,}37} = 24 \text{ кг/с.}$$

Визначаємо мінімальну тривалість випуску вогнегасної речовини за формулою (3.16):

$$t_{\min} = 0{,}67\ к_у \frac{q_s}{I_s} .= 0{,}67 \cdot 1 \cdot 5{,}37 / 0{,}3 = 11{,}93 \text{ с.}$$

За отриманими значеннями $M_{\min}$, $G_{\min}$, $t_{\min}$ та підставі вимог 3.17–3.19 обираємо установку порошкового пожежогасіння.

Параметри модульної установки локального пожежогасіння поверхневим способом

Загальна кількість модулів, необхідна для комплектування модульної установки, розраховується на підставі показника «вогнегасна здатність» модуля, визначеного, відповідно до вимог ДСТУ 3972, за формулою:

$$N_м = S / R_м, \qquad (3.20)$$

де $R_м$ – значення показника «вогнегасна здатність» (за паспортом) одного модуля, м^2.

Результат розрахунку за формулою (3.20) округляється до найближчого більшого цілого числа.

Розміщення модулів на об’єкті, який підлягає захисту, належить виконувати відповідно до вимог вказівок з експлуатації виробника цих модулів з тим, щоб розпилювачі забезпечували подачу ВП безпосередньо на площу гасіння.

Контрольні питання до розділу 3

1. Надайте класифікацію установок порошкового пожежогасіння.
2. Назвіть сферу застосування установок порошкового пожежогасіння.
3. Розкрийте вогнегасну дію порошків, що використовуються під час гасіння.
4. Наведіть принцип дії установок порошкового пожежогасіння серії ОПА.
5. Опишіть принцип дії установок порошкового пожежогасіння закачаного типу.
6. Розкрийте принцип дії самоспрацьовуючих установок порошкового пожежогасіння.
7. Опишіть будову, розкрийте принцип роботи та наведіть технічні характеристики установки УППУ-500РС.
8. Опишіть будову, розкрийте принцип роботи та наведіть технічні характеристики установки ОПАН-100.
9. Опишіть будову, розкрийте принцип роботи та наведіть технічні характеристики установки «Тайфун-50».
10. Опишіть будову, розкрийте принцип роботи та наведіть технічні характеристики установки «Веер-1».
11. Опишіть будову, розкрийте принцип роботи та наведіть технічні характеристики установки «Пума-12П».

Література до розділу 3

1. ДБН В.2.6-56:2014 «Системи протипожежного захисту».
2. Котов А.Г. Пожаротушение и системы безопасности: практическое пособие / А.Г. Котов. – 2-е изд. – К., 2010. – 278 с.
3. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: справ.изд.: в 2 книгах / [А.Н. Баратов, А.Я. Корольченко, Г.Н. Кравчук и др.] – М., Химия, 1990 – кн.1 – 496 с., кн.2 – 384 с.
4. BS EN 12416-1:2001 Fixed Firefighting Systems - Powder Systems - Part 1: Requirements and Test Methods for Components, BS Standard, British Standards Institution, London, United Kingdom, 2001.
5. Эксплуатация установок пожарной автоматики: [производственное издание] / Н.Ф. Бубырь, Р.П. Воробьев, Ю.В. Быстров, Г.М. Зуйков; Под ред. Н.Ф. Бубыря. – М.: Стройиздат. 1986. –367 с.

РОЗДІЛ 4. АВТОМАТИЧНІ СИСТЕМИ АЕРОЗОЛЬНОГО ПОЖЕЖОГАСІННЯ

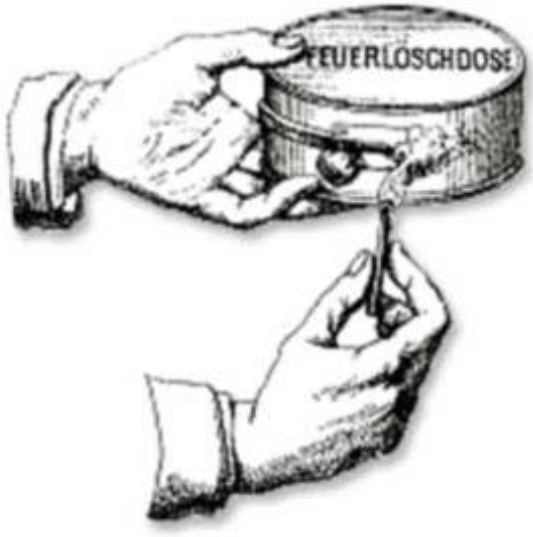
4.1 Історія розвитку систем аерозольного пожежогасіння

Виникнення перших вогнегасників, принцип дії яких схожий на аерозольний спосіб пожежогасіння, можна віднести, очевидно, до моменту створення в Китаї димного пороху й застосування його у військових цілях в 12-му столітті.

Наступним кроком стало створення вогнегасника Грейлі, в якому вогнегасна речовина викидалася за допомогою пороху: з 1715 р. – з бочки з водою, з 1770 – з бочки із квасцями й піском.

«Пожаргас» Шефтеля – 4-, 6- та 8-кілограмові коробки, що містили до 800 г порохової крихти з бікфордовим шнуром і були наповнені вогнегасними солями, – широко застосовувалися в 19-му столітті.

У своєму знаменитому вогнегасникові – «бляшанці» Хайнрих Готлиб Кюн ще в 1846 р. об'єднав вогнегасну речовину й порох в одну суміш, використовуючи компоненти димного пороху. Суміш була перезбагачена сіркою й містила також 66 % селітри й 4 % вугілля. Дим із такої коробки, що містив пари сірчаної кислоти, був згубним для всього живого і для вогню. На цьому й базувався вогнегасний ефект коробок Кюна, що використовувалися для гасіння пожеж у винних погребах, сховищах спирту або гасу, магазинах і т.п. Перші бляшанки Кюна були пласкими й у такому вигляді запатентовані в Лейпцигу Бухнером, що модернізував і спосіб гасіння.



Пізніше Розенфельд з Манхеттена надав їм форми циліндра. Цейслер запатентував їх в Англії, змінивши хімічний склад суміші й додавши до неї певну кількість піску та оксиду заліза.

Ракетні сухі вогнегасники Склярського й Писарєва, розроблені в 30-х роках минулого століття, різнилися за конструкцією, але вогнегасна сполука виготовлялася за типом сполуки Кюна.

У сучасній інтерпретації ця ідея вперше була запропонована А.І. Сидоровим із колегами в 1967 році (авт. свід. № 192669 СРСР, 1967), однак тоді вона була ще дуже далекою від практичної реалізації.

У результаті багаторічних досліджень під керівництвом А.М. Баратова був розроблений принципово новий засіб об'ємного гасіння – так звана **аерозольна вогнегасна сполука**. Інтенсивний розвиток засобів аерозольного пожежогасіння став можливим завдяки сучасній базі знань про тверді ракетні палива й піротехнічні сполуки. Початок досліджень припав на 80-ті роки 20-го ст., завдяки роботам НДІПХ (м. Сергіїв Посад), СКТБ «Технолог» (м. Санкт-Петербург) разом із ВНДІПО МВС РФ. Згодом до цих робіт приєдналися ФЦДТ «Союз» (м. Дзержинський Московської області), НВО ім. С. М. Кірова (м. Перм), АТВТ «Граніт-Саламандра» (м. Москва) та інші організації. В Україні впровадженням систем аерозольного пожежогасіння займаються фірми «Алтосан», «Брандмайстер» та «Експерт 112» (м. Київ).

Крім того, надалі проводилися й ведуться дослідження із застосування в системах пожежогасіння піротехнічних сполук, баліститних порохів і твердих палив у вигляді зарядів газогенераторів для витиснення рідких і порошкоподібних вогнегасних засобів, а також генерації інертних газів (азот, діоксид вуглецю).

4.2 Галузь застосування систем аерозольного пожежогасіння

Системи аерозольного пожежогасіння (САПГ) призначені для ліквідації або локалізації пожеж об'ємним способом у будівлях і спорудах. САПГ призначені для локалізації й гасіння пожежі пов'язаних з горінням ЛЗР і ГР (бензин, гас, дизельне паливо, органічні розчинники, тобто пожежі класу В); деяких твердих горючих матеріалів (пластмаси, гума – пожежі підкласу А2); електроустаткування (у тому числі, що знаходиться під напругою), електроізоляційних матеріалів. Під час гасіння матеріалів, здатних до тління (деревина, вата, тканини, папір, картон – пожежі підкласу А1), застосування систем пожежогасіння, як правило, дозволяє повністю усунути полум'яне горіння, але осередки тління при цьому можуть зберігатися. Системи застосовуються для захисту виробничих, адміністративних і житлових будівель:

- склади та сховища;
- гаражі, цехи;
- офіси;
- лабораторії наукових і навчальних закладів;
- на об'єктах енергетики;

– на залізничному й автомобільному транспорті;
– на морських і річкових судах.

Приміщення, що захищаються, повинні мати висоту не більше 10 м, об'єм – не більше 10000 $м^3$, параметр негерметичності – не більше 0,04 $м^{-1}$.

Застосування САПГ для захисту кабельних споруд (напівповерхи, колектори, шахти й т.п.) є допустимим для споруд об'ємом до 3000 $м^2$, висотою не більше 10 м, за значень параметра негерметичності не більше 0,001 $м^{-1}$ (тобто в умовно герметичних приміщеннях) і за відсутності в електромережах пристроїв автоматичного повторного включення.

Застосування САПГ для захисту приміщень із технологічними процесами, що вимагають спеціального очищення повітря від пилу (носії інформації на магнітних дисках, сховища унікальних витворів мистецтва й т.п.), допускається тільки за наявності висновків спеціалізованих організацій.

Забороняється застосування САПГ у приміщеннях, які не можуть бути залишені людьми до початку роботи виконавчих елементів системи, а також у приміщеннях із масовим перебуванням людей (більше 50 осіб).

САПГ не забезпечують повного припинення горіння й не повинні застосовуватися для гасіння:

– волокнистих, сипких, пористих та інших горючих матеріалів, схильних до самозайманння і тління усередині шару (деревина, бавовна, трав'яне борошно та ін.);

– хімічних речовин та їхніх сумішей, полімерних матеріалів, схильних до тління й горіння без доступу повітря;

– гідридів металів і пірофорних речовин;

– порошків металів (магній, титан, цирконій та ін.).

4.3 Будова автоматичної системи аерозольного пожежогасіння. Принцип її роботи

Основним елементом системи аерозольного пожежогасіння є *генератор вогнегасного аерозолю (ГВА)*. Це пристрій, в якому протікає процес перетворення заряду аерозолеутворюючої сполуки (АУС) у вогнегасний аерозоль.

Автоматична система аерозольного пожежогасіння (рис. 4.1) складається з наступних елементів:

– пожежні сповіщувачі;

– пожежний приймально-контрольний прилад системи сигналізації;

– прилади та пристрої контролю й управління пуском ГВА;

– пристрої, що забезпечують живленням елементи системи;

– шлейфи пожежної сигналізації, електричні кола живлення, управління й контролю системи;

– пожежні оповіщувачі спрацьовування установки;

– генератори вогнегасного аерозолю;

– пристрої, що формують командні імпульси на відключення систем вентиляції, кондиціювання, повітряного опалення й технологічного обладнання;

– пристрої, що формують командні імпульси на закриття протипожежних клапанів, заслінок вентиляційних коробів;

– пристрої оповіщення про випуск вогнегасної речовини;

– пристрої сигналізації про закриття дверей у приміщеннях, що захищаються;

– пристрої світло-звукової сигналізації.

–

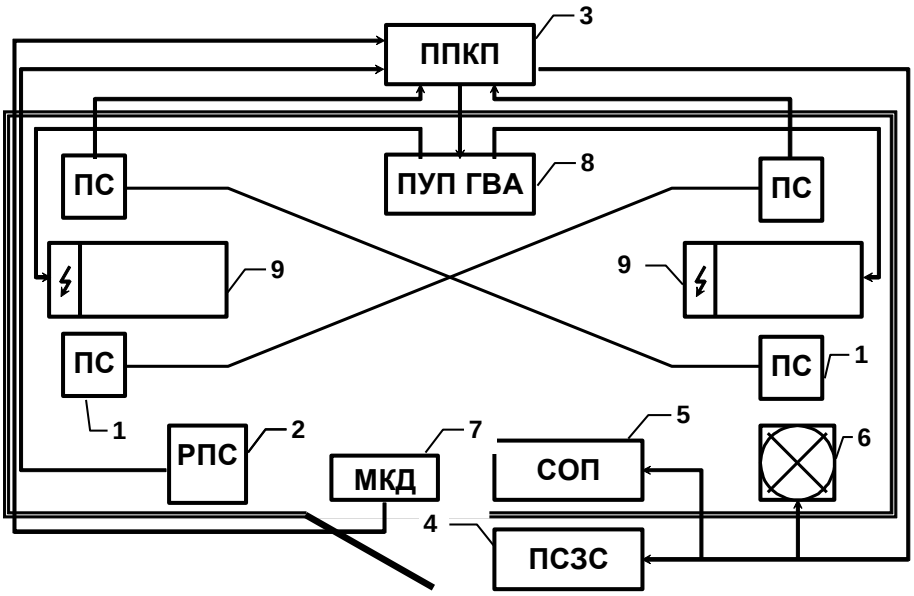


Рис. 4.1 – Схема автоматичної системи аерозольного пожежогасіння:

1 – автоматичний пожежний сповіщувач; 2 – ручний пожежний сповіщувач; 3 – пожежний приймально-контрольний прилад; 4 – пристрої світло-звукової сигналізації; 5 – система мовленевого оповіщення персоналу; 6 – технологічне обладнання; 7 – магнітно-контактний датчик; 8 – пристрій управління пуском ГВА; 9 – ГВА з електричним пуском

Функціонує система аерозольного пожежогасіння наступним чином (рис. 4.1). При надходженні сигналу про пожежу від пожеж-

них сповіщувачів *1*, що контролюють різні його ознаки, приймально-контрольний прилад *3* формує й подає сигнал на включення світло-звукової сигналізації *4* і системи мовного оповіщення персоналу *5*, відключення вентиляції, технологічного обладнання *6*, закриття вентиляційних і технологічних прорізів. Одержавши від магнітно-контактних датчиків *7* підтвердження про закриття дверей та інших відкритих прорізів, приймально-контрольний прилад *3* подає командний імпульс на пристрій управління пуском системи *8*, що, відповідно до закладеного алгоритму, здійснює пуск ГВА *9*.

Перевагами розглянутого алгоритму функціонування системи є:

– надійне й достовірне виявлення осередку пожежі;

– можливість оперативного контролю цілісності ланцюгів сигналізації й живлення елементів та вузлів системи;

– можливість дистанційного пуску системи;

– можливість втручання у процес роботи системи у випадку її несанкціонованого спрацьовування.

Принцип функціонування автономної системи полягає в наступному. За підвищення температури у приміщенні, що захищається, вище деякого граничного значення відбувається самозапалювання й горіння спеціального вогнепровідного шнура, що забезпечує ініціювання термохімічного вузла запуску ГВА, у результаті роботи якого відбувається активація генератора.

Одна з переваг такого варіанта побудови системи полягає у відсутності зовнішніх джерел живлення, тобто система працює автономно. Разом з тим, такий підхід до організації захисту об’єкта виключає можливість контролю й управління процесом пожежогасіння, а так само включення системи оповіщення про пожежу.

Порівняльний аналіз структури та схем побудови традиційних систем об’ємного пожежогасіння й аерозольних систем показав, що останні мають наступні переваги:

– висока вогнегасна ефективність;

– відсутність посудин під тиском для зберігання вогнегасної речовини;

– відсутність розподільної мережі трубопроводів для доставки вогнегасної речовини;

– реалізується екологічно безпечний спосіб пожежогасіння;

– широкий діапазон температур експлуатації;

– тривалий термін експлуатації та простота технічного обслуговування.

Так само необхідно відзначити, що у всіх системах може бути використана однакова спонукальна підсистема. Тому часові характеристики тієї або іншої системи будуть зумовлюватися швидкодією її виконавчих елементів. Очевидно, що, за інших рівних умов, подача вогнегасної речовини в об'єм, що захищається, системою аерозольного гасіння почнеться відразу ж після запуску ГВА. Отже, час роботи аерозольної системи буде визначатися в основному часом роботи генератора; наприклад, в існуючих модифікаціях величина цього параметра варіює від декількох секунд до двох із половиною хвилин.

У той же час система із ГВА має наступні недоліки:

– висока температура аерозолю, що утворився (1500–1800 °С) під час роботи генератора, призводить до утворення високотемпературних продуктів згоряння (частки), потенційно здатних запалити не тільки горючі газопароповітряні суміші, але і тверді та рідкі горючі речовини й матеріали;

– нагрітий аерозоль конвективно спливає під стелю приміщення й, лише охолоджуючись, рівномірно розподіляється в об'ємі приміщення, що захищається, що призводить до збільшення часу гасіння осередку, що перебуває, як правило, на рівні підлоги;

– внаслідок виникаючого підвищення тиску у приміщенні, що захищається, можливі втрати вогнегасної речовини через відкриті прорізи, нещільності й систему вентиляції, а що ще гірше – руйнування скління й, як наслідок, – підвищення втрат;

– тимчасова втрата видимості після спрацьовування ГВА;

– можливість використання САПГ тільки в закритих приміщеннях.

4.4 Будова і робота генераторів вогнегасного аерозолю. Класифікація ГВА

Генератор (рис. 4.2) складається з корпуса *1*, що має форму порожнього правильного циліндра. Усередині корпуса розташований заряд АУС *2* циліндричної форми, бічна поверхня шашки заряду щільно прилягає до термоізолюючого покриття корпуса *3* – таким чином горіння здійснюється з торця, поверхня горіння заряду має форму кола. До передньої частини корпуса прикріплена кришка *4*, у якій виконані випускні отвори *5*. В початковому стані випускні отвори закриті матеріалом, що легко руйнується під час роботи генератора. Також у кришці закріплений ініціюючий пристрій *6*, що

приводиться в дію імпульсом струму. Заряд АУС являє собою механічну суміш двох основних компонентів: окислювача й зв'язуючої горючої речовини. Вільний об'єм камери згоряння ГВА утворений перетинанням бічної поверхні корпуса з наступними поверхнями: у передній частині – із кришкою корпуса, у задній – із поверхнею заряду, по якій відбувається процес горіння.

Початок горіння ініціюється від зовнішнього впливу на заряд АУС, створюваного вузлом запуску; при цьому відбувається викид горючих газів, що мають високу температуру, у вільний об'єм камери згоряння. У результаті нагрівання поверхні заряду АУС продукти його розкладання, випарувавшись із поверхні, надходять у навколишнє газове середовище. Горючий компонент має більш високу швидкість розкладання, ніж кристали окислювача, тому він швидше переходить у газоподібний стан. Пари палива, що утворюються біля поверхні, багаті горючим компонентом, вступають у реакцію між собою, а також із киснем, що міститься в навколишнім середовищі. Коли кількість тепла, що генерується хімічним шляхом, стає рівною втратам тепла в результаті теплопровідності в навколишнє середовище, відбувається запалення заряду АУС. Тривалість розглянутого періоду становить 0.1÷15 мс, що значно менше часу основного режиму роботи, тому вважається, що процес ініціювання відбувається практично миттєво, а запалювання заряду відбувається відразу по всій поверхні горіння. При перевищенні граничного значення надлишкового тиску у вільному об'ємі камери згоряння генератора відбувається руйнування заглушок у випускних отворах і починається вихід продуктів згоряння заряду АУС разом із продуктами згоряння запалювального складу в зовнішнє середовище.

Після запалювання всієї поверхні процес горіння протікає за наступною схемою (рис. 4.3): у зоні I відбувається прогрів заряду за рахунок тепла, що надходить із газової фази IV. У зоні II протікає реакція в конденсованій фазі, що є сумарно слабко екзотермічною. У зоні III відбувається змішування компонентів, що не прореагували, а в зоні IV закінчується процес горіння складу, й у зоні V відбувається конденсація продуктів згоряння з утворенням аерозолю, що являє собою суміш твердих часток і газів.

Таким чином, після запалювання всієї поверхні заряду немає надалі потреби в його нагріванні, тому що кількість теплоти, що виділяється в газовій фазі, є достатньою для прогріву й подальшого запалювання сусідніх шарів і протікання реакцій горіння, що самопідтримуються. Рівномірне горіння забезпечується за рахунок рів-

ності теплоприходу й тепловідводу у всіх зонах реакції. Швидкість вигоряння заряду є рівномірною у всім його об'ємі, тобто горіння заряду відбувається еквідистантними шарами. Всі газодинамічні параметри залежать від однієї єдиної геометричної координати й від часу; таким чином, течія аерозолю в елементах ГВА є переважно одномірною.

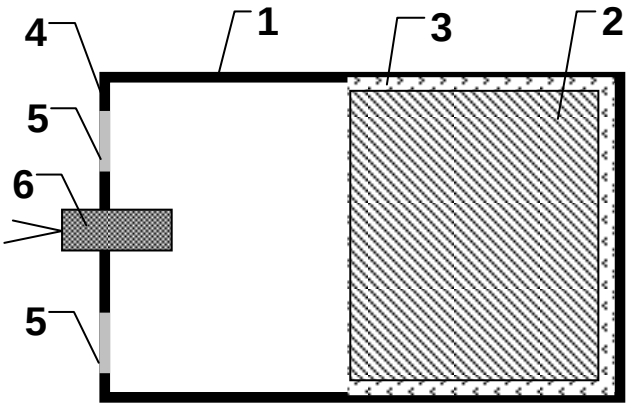


Рис. 4.2 – Принципова схема генератора вогнегасного аерозолю:

1 – корпус; 2 – заряд АУС; 3 – теплоізолюючий шар; 4 – кришка; 5 – випускні отвори; 6 – ініціюючий пристрій

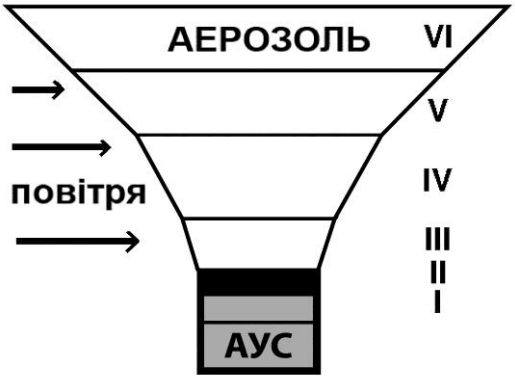
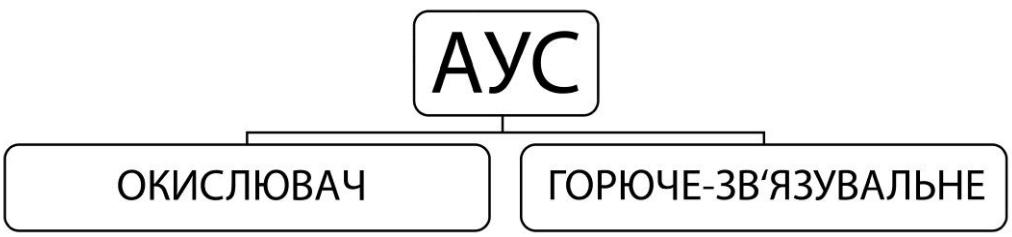


Рис. 4.3 – Схема процесу аерозолеутворення при згорянні заряду АУС

Закінчення роботи генератора наступає в момент повного вигоряння заряду АУС. Він супроводжується швидкою зміною тиску в камері згоряння ГВА й температури продуктів згоряння. За своєю тривалістю цей період значно менше часу роботи генератора.

Механізм вогнегасної дії

Аерозолеутворююча сполука у загальному випадку складається з окислювача й горючого-зв'язувального. Як правило, окислювачем виступають калійвміщувальні неорганічні сполуки, а роль сполучних виконують органічні або неорганічні відновники, такі як синтетичні каучуки, епоксидні смоли, трансформаторна олива й метали: магній, алюміній.



В результаті згоряння твердопаливних композицій генерується газоаерозольна суміш (вогнегасний аерозоль), газова фаза якої складається переважно з азоту (N_2) і діоксиду вуглецю (CO_2), а тверда фаза містить карбонат калію (K_2CO_3), гідрокарбонат калію ($KHCO_3$), хлорид калію (KCl). При цьому тверда фаза за своїм впливом на полум'я багато в чому подібна до вогнегасних порошків, маючи, однак, істотно більш високу ефективність завдяки високій дисперсності (характерний розмір часток становить близько 1 мкм). Завдяки малому розміру часток вогнегасної речовини різко підвищується ефективність гасіння пожежі, як за рахунок їх високої питомої поверхні, так і в силу їхнього малого об'єму, що полегшує їх значний прогрів і газифікацію в полум'ї. Температура аерозолю, що утворився, досягає сотень градусів, він конвективним потоком спливає під стелю приміщення, що захищається, і в міру охолодження починає рівномірно розподілятися в об'ємі приміщення. Це дозволяє віднести розглянутий спосіб гасіння до об'ємного, тим більше, що через високу дисперсність твердої фази осідання її часток реалізується за досить тривалий час.

Механізм об'ємного аерозольного пожежогасіння зумовлений наступними основними явищами:

– високодисперсні тверді частки, наприклад, сполуки калію, мають вищу хімічну активність і ефективно інгібують газове полум'я;

– тверді частки, що мають розміри в 10–100 разів менші, ніж порошки, мають більш високе тепловбирання (при потраплянні до зони горіння), що істотно впливає на температуру полум'я;

– АУС утворює велику кількість інертних газів, що викликає зниження вмісту кисню й реакційної здатності горючої суміші в об'ємі;

– аерозольні суміші мають вищі, ніж порошки, показники стабільності створюваних концентрацій (низька швидкість осідання часток) і проникної здатності (при розподілі у важкодоступні, «тіньові» зони об'єму, що захищається).

Аналіз характеристик вогнегасних речовин, традиційно застосовуваних при об'ємному способі гасіння, показав, що більшість речовин має низьку вогнегасну здатність, у порівнянні із хладоном 13В1. Однак вогнегасний аерозоль, одержуваний при спалюванні заряду АУС, під час гасіння пожеж класу В, підкласу А2 перевищує за вогнегасною ефективністю традиційні засоби об'ємного гасіння в 4–5 разів.

Найкраща вогнегасна здатність аерозолів, у порівнянні із традиційними засобами гасіння, досягається завдяки наступним особливостям цього способу пожежогасіння. Перша особливість полягає в тім, що в аерозольному вогнегаснику речовина перебуває не в готовому до вживання вигляді, а в хімічно зв'язаному стані – у вигляді спеціально підібраного аерозолеутворюючої вогнегасної сполуки. Друга особливість – значно менші (у десятки разів) розміри аерозольних часток, у порівнянні з розмірами часток, утворених при використанні звичайних порошків. У результаті вдається досягти більшої площі поверхні й, отже, більш високої вогнегасної здатності АУС від 30 до 80 г/м^3 залежно від виду сполуки й горючого матеріалу, що підлягає гасінню.

Класифікація ГВА

Генератори вогнегасного аерозолю різного призначення поділяють за наступними основними ознаками:

- видом компонування;
- способом застосування;
- видом ініціюючого пристрою (способом пуску);
- температурою горіння заряду АУС;
- температурою вогнегасного аерозолю на виході ГВА;
- видом охолоджувального пристрою;
- видом схеми конструкції ГВА;
- типом АУС;
- умовами горіння заряду АУС;
- часом подачі вогнегасного аерозолю;
- законом зміни витратних характеристик;
- способом приведення в дію;
- величиною об'єму, що захищається.

Але найбільш важливими у практичному виборі тієї або іншої модифікації генераторів є наступні ознаки.

За способом застосування генератори підрозділяються:

- на пристрої оперативного застосування;
- на стаціонарно розташовувані ГВА.

До першої групи належать так звані *переносні генератори* (рис. 4.4). Вони приводяться в дію людиною, що виявила пожежу, за допомогою термомеханічного вузла запуску. Генератор споряджено рукояткою для утримання його під час пуску; вага його, як правило, не перевищує 1–1,5 кг.

Рис. 4.4 – Зовнішній вигляд генераторів вогнегасного аерозолю АГС-5

Рис. 4.5 – Розподіл ГВА за способом застосування

Як показує аналіз (рис. 4.5), переносні ГВА становлять 10 % від загального числа генераторів, що випускаються промислово, але тільки одну модифікацію цих пристроїв сертифіковано до застосування на території України. Це зумовлено відсутністю методик із застосування цих засобів під час гасіння пожеж і нормативної бази, що регламентує ці питання.

Залежно від виду пристрою (рис. 4.6), що формує тепловий імпульс для підпалювання основного заряду АУС, розрізняють генератори:

- з електричним пуском;
- з тепловим пуском;
- з механічним пуском;
- з комбінованим пуском.

Найбільшого поширення набули генератори з пуском від електричного й/або теплового сигналів.

Генератори, що споряджені електричним вузлом запуску, застосовуються у складі автоматичних систем аерозольного пожежогасіння. Для приведення в дію генератора від приладу управління необхідно подати електричний імпульс. Переваги вказаного способу запуску полягають у можливості організації дистанційного керування системами пожежогасіння й періодичного контролю цілісності електричних ланцюгів.

Тепловий пуск ГВА звичайно здійснюється за допомогою термохімічного вузла запуску від вогнепровідного шнура (термочутливого) на основі спеціальної твердопаливної композиції зі зниженою температурою самозапалювання (див. рис. 4.6, поз. 2). З неї вигото-

вляється шнур із заданими формою й розмірами. Вогнепровідний термочутливий шнур розміщають у місцях найбільш імовірного виникнення загоряння у приміщенні, що захищається. При виникненні пожежі він самозаймається, вогневий імпульс із великою швидкістю поширюється по шнуру й пускає в хід генератор. Можливе також запалювання вогнепровідного шнура від спеціальних піромеханічних пристроїв, що спрацьовують за досягнення в контрольованій зоні приміщення, що захищається, заданої температури, як правило, нижчої ніж температура самозапалювання вогнепровідного шнура. ГВА з таким способом пуску не вимагають зовнішнього джерела енергії, функціонують автономно й застосовуються у стаціонарних установках пожежогасіння, а також переносних (закидних) генераторах. Недоліком розглянутого способу запуску ГВА є те, що процес ініціювання генератора неможливо проконтролювати, а відповідно запобігти несанкціонованому спрацьовуванню установки аерозольного пожежогасіння.

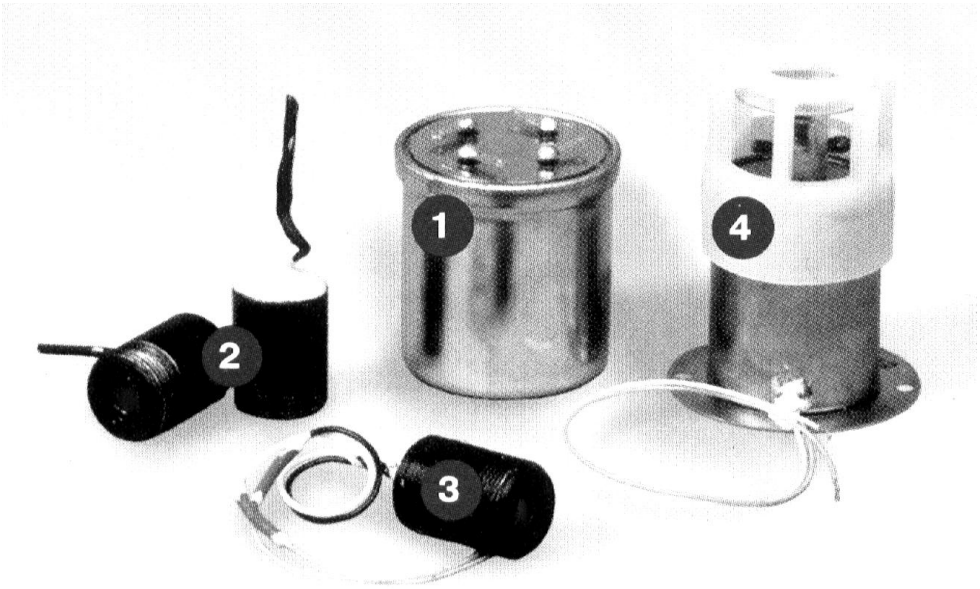


Рис. 4.6 – Ініціюючі пристрої для запуску ГВА:

1 – джерело струму Т–170МА; 2 – термохімічні вузли запуску; 3 – електричний вузол запуску; 4 – термочутливий пусковий пристрій ТПУ

Залежно від температури аерозолю, одержуваного на зрізі вихідного отвору, ГВА підрозділяють на три типи:

I – високотемпературні (температура аерозолю >500 °С);

II – середньотемпературні (температура аерозолю 200-500 °С);

III – низькотемпературні (температура аерозолю <200 °С).

Серед існуючих модифікацій ГВА переважають пристрої, що створюють аерозоль із температурою нижче 500 °С. Хоча така температура вогнегасної речовини залишається досить високою й гарячий аерозоль протягом певного проміжку часу перебуває у верхній частині приміщення, що захищається, тривалість процесу остигання аерозолю становить усього кілька хвилин.

Останнім часом намітилася тенденція до зниження температури аерозолю – про це свідчить той факт, що четверта частина генераторів, що випускаються, має на виході аерозоль із температурою менше 200 С. Вирішується ця проблема шляхом застосування теплопоглинальних і охолоджувальних насадків.

Генератори, що сьогодні випускаються, за видом охолоджувального пристрою можна класифікувати в такий спосіб:

– з хімічним охолоджувачем;
– з газодинамічним охолоджувачем;
– без охолоджувача.

Хімічний спосіб охолодження в існуючих пристроях реалізований у *безконтактному* й *контактному* режимах. *Безконтактний режим* охолодження використовується тільки в генераторах серії «ГАБАР». Він характеризується тим, що високотемпературні продукти горіння заряду АУС проходять через лабіринт каналів, що складаються з подвійних стінок, між якими як охолоджувач засипаний звичайний вогнегасний порошок. За рахунок нагрівання стінок каналу порошок частково розкладається й виділяє додаткову кількість інертних газів у потік аерозолю, а частково залишається у нерозкладеному вигляді. Такий спосіб дозволяє понизити температуру аерозолю до 200°С без зменшення його вогнегасної ефективності.

Контактний режим охолодження полягає в тім, що на шляху розпечених продуктів розкладання АУС установлюється додаткова насадка, заповнена пористим охолоджувачем, найчастіше – на основі оксалатів. Відбувається прямий контакт аерозолю з охолоджувачем, що розкладається з ендотермічним ефектом, охолоджуючи аерозоль й виділяючи при цьому додаткову кількість інертних газів. Залежно від конструкції насадки й фізико-хімічних властивостей охолоджувача цей спосіб дозволяє знизити температуру вогнегасного аерозолю до 200–400 °С. Разом з тим слід мати на увазі, що при інтенсивному охолодженні продуктів горіння відбувається конденсація хлориду й карбонату калію, а за різкого зниження швидкості вогнегасної речовини в насадці конденсована фаза встигає коагулювати в більші конгломерати. При цьому частина конденсованої

складової аерозолю фільтрується охолоджувачем, а частина виноситься газовим потоком, у результаті чого вогнегасна ефективність охолодженого аерозолю знижується приблизно в 2–2,5 рази.

Газодинамічний спосіб охолодження, реалізований у виробах серії «СОТ», використовує тільки московська фірма «Граніт-Саламандра». Практика застосування генераторів «СОТ–1» показала, що при випуску високотемпературного аерозолю через таку насадку відбувається підсмоктування повітря й замість охолодження відбувається догорання в газовому потоці недоокислених CO і H_2 з утворенням високотемпературного дифузійного полум'я, довжина якого може сягати 1,5–2 м. На сьогодні генератор вказаної марки заборонений до експлуатації, а газодинамічні насадки використовуються на деяких модифікаціях генераторів серії «АГС» у комбінації з хімічним способом охолодження.

Необхідно відзначити, що використання охолоджувальних насадків, як правило, призводить до погіршення показників ГВА, таких як питома масова ефективність, відношення маси спорядженого ГВА до об'єму приміщення, що захищається. Аналіз даних (табл. 4.1) показує, що істотний внесок у цей процес справляє маса охолоджувального насадка.

Зниження температури аерозолю на виході ГВА можна домогтися шляхом застосування зарядів АУС із низькою температурою горіння, так званих генераторів «холодного» аерозолю. До них відносяться генератори серії «ОСА-М» (ТОВ «Озон», м. Перм), ГВА 40–72 (фірма «Интертехнолог», м. Санкт-Петербург). Зниження температури аерозолю досягається за рахунок зміни хімічного складу зарядів АУС. Але в цьому випадку погіршується вогнегасна здатність аерозолю, що, у свою чергу, призводить до збільшення маси заряду й маси самого генератора.

4.5 Приклади технічної реалізації

У наш час розробкою та впровадженням АУС і генераторів займається більше десятка підприємств і організацій. На цей момент існує більше двадцяти різних рецептур АУС. Розроблено і пройшли різний ступінь експериментального відпрацьовування більше ста модифікацій генераторів вогнегасного аерозолю. Розроблені генератори сильно відрізняються за своїми тактико-технічними характеристиками. Так, маса заряду АУС у них змінюється від 8 г до 10 кг, маса спорядженого генератора – від 15 г до 70 кг. Час випуску аерозолю перебуває в межах від 4 до 240 с. Більшість генераторів міс-

тять у своєму складі пристрої для зниження температури аерозольної суміші, що утворюється. На різних об'єктах України застосовувалися наступні моделі генераторів: АГС-2, АГС-6, АГС-7 (АТ «Граніт-Саламандра»), АПГ-3, АПГ-10, ОСА-М-40 (Пермський завод ім. Кірова), а також вогнегасники оперативного застосування СОТ-5М (АТ «Граніт-Саламандра»), АПГ-1 (Пермський завод ім. Кірова).

Таблиця 4.1 – Основні технічні характеристики ГВА стаціонарного застосування

Марка ГВА	Характеристики ГВА					
	Об'єм, що захищається, м³	Маса ГВА, кг	Маса заряду АУС, кг	Час роботи, с	Габаритні розміри	
					діаметр, мм	довжина, мм
ПУРГА–1М	10	0,8	0,55	20–35	72	120
ПУРГА-М	8	2,4	0,6	10–14	102	390
ПУРГА МХ	10	9,3	1,0	45	100	623
ПУРГА ДО002	0,25	0,1	0,02	10	28	120
ПУРГА ДО-К–02	2	1,04	0,02	20–26	88	116
ПУРГА Т	0,1	0,017	0,008	5	52	14
ПАГ–02	4	0,64	0,2	6–8	80	90
ПАГ–04	8	1,1	0,4	6–8	80	120
ПАГ-06	7,0–10,0	1,6	0,6	15	80	144
АГС–3	3,2	1,2	0,32	19	122	65
ГВА–15–20	0,3	1,2	–	10	32	455
ГВА–15–30	0,5	1,6	–	10	32	630
МАГ 1	0,5 – 1	0,45	0,06	2–3	75	97
МАГ 2	1 – 2	0,55	0,1	4–6	75	108
МАГ 02	0,2	0,12	0,02	2–3	28	125
МАГ 3/МАГ 3Г	2 – 3	0,90	0,2	4–6	75	150
МАГ 4	10	3,8	1,0	7–10	95	385
МАГ 5	5	2,1	0,5	5–10	95	232
Допінг–2,02	0,2	0,15	0,016	5	70	40
Допінг–2	2,0	1,3	0,2	25	80	160
Допінг–2,10	10	3,9	1,2	20	105	320
Вьюга МЭО 075	0,8	0,34	0,075	6	45	200
FireStop FS-A-1	1	0,6	0,05	20	105	50
FireStop FS-A-10	10	2,6	0,5	20	105	105
FireStop FS-A-30	30	4	1,5	20	160	220
FireStop FS-A-90	90	10	3,5	20	175	255
FireStop FS-A-240	240	32	12,5	20	175	395

Основні конструктивні елементи ГВА серії АГС, схему якого представлено на рис. 4.7: заряд аерозолеутворюючої сполуки *2*, вузол ініціювання *3* і корпус *1* з вихідними отворами *4*.

Заряд АУС у цій модифікації генератора має форму циліндра (рис. 4.7, а), але може мати центральний канал (рис. 4.7, б і в). Вихідний отвір розташовується в торці генератора (рис. 4.7, а й б). Вихідний отвір закритий мембраною (рис. 4.7, б) або кришкою (рис. 4.7, а).

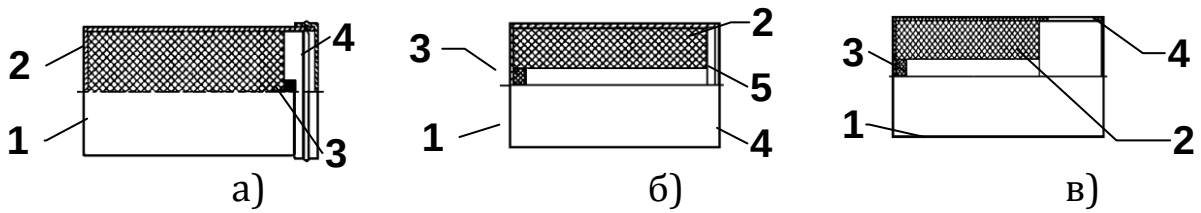


Рис. 4.7 – Варіанти типових схемних рішень ГВА серії АГС:

1 – корпус; 2 – аерозолеутворюючий заряд; 3 – вузол запуску; 4 – випускні отвори; 5 – мембрана

Для зниження температури аерозолю розробниками запропоновано декілька технічних рішень:

– аблююче покриття корпуса й сопла;

– повітряно-ежекційна насадка;

– сполучена з корпусом і соплом ємність із охолоджувальною рідиною.

Аблююче облицювання (рис. 4.8), по-перше, оберігає корпус від надмірного розігріву, а по-друге, знижує температуру робочої аерозольної суміші за рахунок розведення її газовими продуктами терморозпаду облицювання. Крім того, наявність у продуктах розпаду облицювання CO_2 і H_2O поліпшує вогнегасні властивості робочої суміші.

При використанні для додаткового охолодження аерозольної суміші повітряно-ежекційної насадки (рис. 4.9) через отвори *6* відбувається ежекція повітря потоком аерозолю. Оскільки об’єм повітря у повній мірі визначається швидкістю потоку аерозольної суміші, а отже, тиском у камері згоряння (корпусі генератора), на який звичайно існують обмеження (2 атм.), можливості суто ежекційного охолодження обмежені і його сполучають із використанням аблюючих облицювань; подібну схему реалізовано в конструкції генератора АГАТ-2 (Росія).

У генераторі, схему якого представлено на рис. 4.11, аерозолеутворюючий заряд розміщений у внутрішньому напівкорпусі.

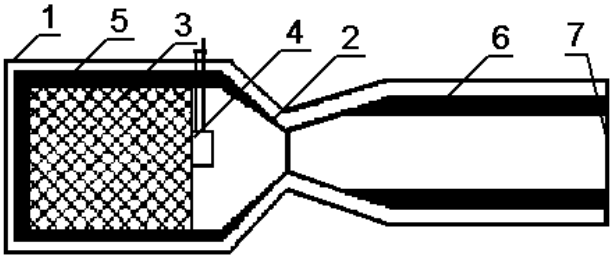


Рис. 4.8 – Конструкція генератора АГАТ-1 з аблюючим облицюванням:

1 – корпус; 2 – сопло; 3 – аерозолеутворююча сполука; 4 – підпалювач; 5, 6 – аблююче облицювання; 7 – діафрагма

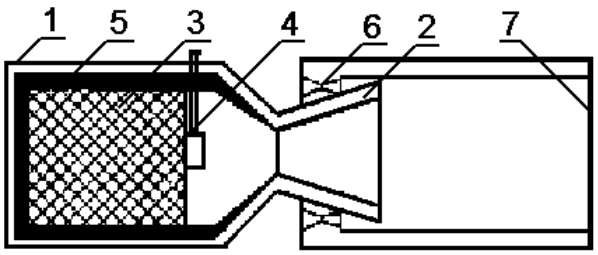


Рис. 4.9 – Конструкція генератора з повітряно-ежекційною насадкою:

1 – корпус; 2 – сопло; 3 – аерозолеутворююча сполука; 4 – підпалювач; 5 – аблююче облицювання; 6 – ежекційні отвори; 7 – повітряно-ежекційна насадка

Фахівцями Пермського заводу запропоновано конструкцію генератора з опозиційним розташуванням зарядів (рис. 4.10), а також компактну конструкцію генератора (рис. 4.11), у якій корпус складається із зовнішнього і внутрішнього напівкорпусів у вигляді «стаканів». У першому випадку запропоноване схемне рішення зі скріпленим зарядом у пластиковому корпусі; при цьому речовина легко запалюється і стійко горить за атмосферного тиску, у продуктах згоряння міститься мінімум недоокислених компонентів, генератор у процесі роботи має нульову тягу.

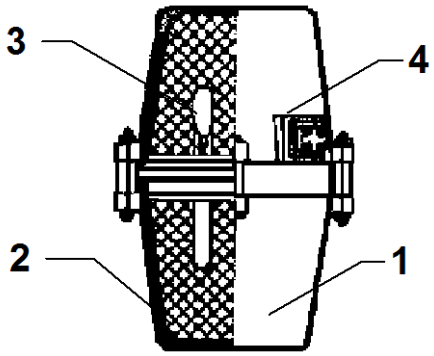


Рис. 4.10 – Конструкція генератора АПГ-3 з опозиційним розташуванням зарядів:

1 – корпус; 2 – аерозолеутворюючий заряд; 3 – вузол запуску; 4 – клемна колодка

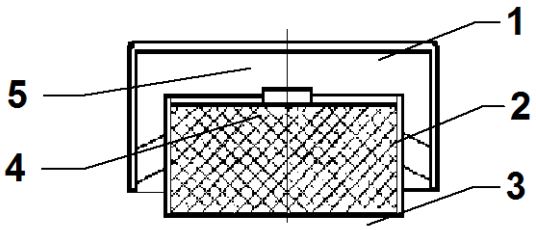


Рис. 4.11 – Конструкція генератора ОСА-М з коаксіально розташованими напівкорпусами:

1 – зовнішній напівкорпус; 2 – внутрішній напівкорпус; 3 – аерозолеутворюючий заряд; 4 – пусковий пристрій; 5 – шар охолоджувача

Внутрішній напівкорпус коаксіально встановлений у зовнішньому напівкорпусі таким чином, що кільцевий зазор між обичайками напівкорпусів утворює газохід для витікання аерозолю. На внутрішню поверхню зовнішнього напівкорпуса може наноситися покриття з матеріалу, що розкладається при нагріванні та охолоджує аерозолі. Фахівцями ОКБ «Темп» і ІОЦ «Техномаш» на основі сполуки ПТ-50-2 розроблено конструкцію генератора, який можна застосовувати для захисту приміщень із вибухонебезпечним середовищем.

Очевидно, що при реалізації обох схем побудови ГВА було поставлено за мету зниження температури продуктів згоряння заряду АУС. Перший винахід реалізований у генераторах марки АПГ-3, АПГ-10, а друга схема – у генераторах марки «ОСА-М».

Є популярними конструкції генераторів, у яких аерозоль, із метою охолодження, пропускається через шар насипного теплопоглинача. Так, у конструкції, розробленій фахівцями ФЦДТ «Союз» і реалізованій в генераторах сімейства «МАГ», аерозоль проходить через теплопоглинальну насадку (рис. 4.12). Як теплопоглинач застосовуються здрібнені метал, скло, кераміка, гравій і т.д. або їхня суміш, а також полімерний матеріал у вигляді трубочок, зібраних у пучок, у вигляді моноблока з отворами. Для підвищення ефективності генератора в нижній шар теплопоглинаючої насадки додатково вводяться активні компоненти у вигляді гранул, різаних пластинок або шнура з аерозолеутворюючого компонента.

Генератори серії МАГ містять піротехнічну шашку, що встановлена в корпусі через абляційний термозахисний прошарок (рис. 4.12). Вона складається з гідрокарбонату натрію, що розкладається ендотермічно з утворенням додаткових інгібіторів горіння. Аерозольна суміш через рівномірно розподілені у кришці корпуса випускні отвори надходить в охолоджувальний циліндр, установлений з можливістю осьового переміщення відносно корпуса, що забезпечує регулювання величини інжекційного зазору залежно від швидкості горіння шашки.

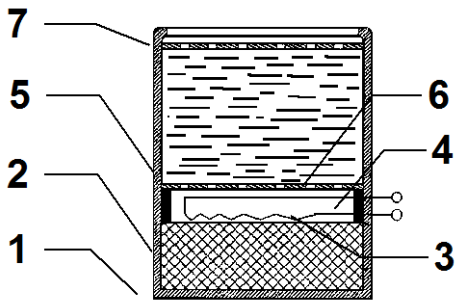


Рис. 4.12 – Конструкція генератора МАГ з насипним теплопоглиначем:

1 – корпус; 2 – аерозолеутворюючий заряд; 3 – електрозапал; 4 – опорне кільце; 5 – теплопоглинаюча насадка; 6 і 7 – решітка

Фірмою «Граніт-Саламандра» реалізовано конструкцію генератора, що містить коаксіально встановлені в корпусі піротехнічний заряд *2* і блок охолодження (рис. 4.13). На циліндричній поверхні корпуса *1* розподілені вихідні отвори *6*. У перфорованій оболонці блока охолодження *5* поміщений шар таблеток або гранул з охолоджувального матеріалу. Корпус має термозахисний шар *4*. Блок охолодження розміщений відносно піротехнічного заряду з кільцевим зазором, об'єм якого виконує додаткові функції камери згоряння, а геометрію оптимізовано для повного догоряння піротехнічної композиції заряду в газовій фазі.

У генераторі (рис. 4.14) продукти згоряння піротехнічної сполуки *4* пропускають через шар каталітично активної речовини *6*, що розташований у зоні максимальної температури температурного профілю процесу згоряння. При цьому за рахунок переміщення температурного профілю сполуки температура залишається постійною й недоокислені продукти згоряння піротехнічної сполуки згоряють повністю. Охолодження повністю окислених продуктів згоряння відбувається за рахунок взаємодії з речовинами, що мають теплопоглинальні властивості, при цьому відбувається фільтрація вогнегасної речовини за розміром часток. Пристрій містить корпус *1* з вихідним отвором *2*.

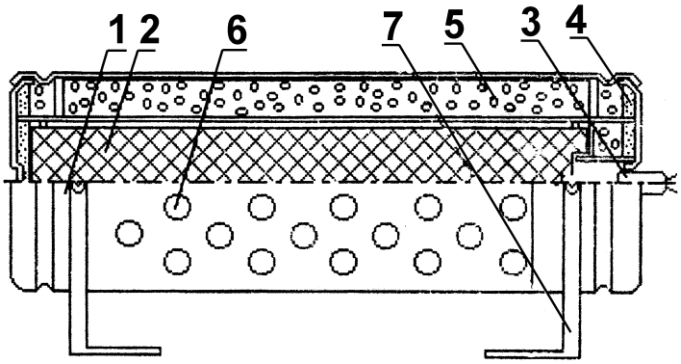


Рис. 4.13 – Конструкція генератора АГС-6 з коаксіальним зарядом і блоком охолодження:

1 – корпус; 2 – заряд АУС; 3 – ініціюючий пристрій; 4 – термоізолюючий шар; 5 – блок охолодження; 6 – випускні отвори; 7 – кронштейн

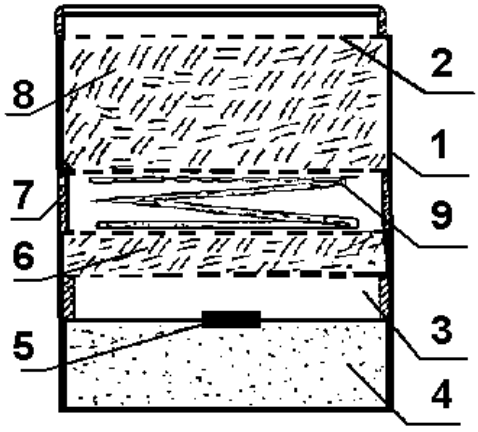


Рис. 4.14 – Конструкція генератора «Пурга-К» із блоком каталітичного охолодження:

1 – корпус; 2 – випускні отвори; 3 – камера згоряння; 4 – піротехнічний заряд; 5 – ініціюючий пристрій; 6 – блок каталітичного охолодження; 7 – решітки; 8 – охолоджувальна насадка; 9 – пружина

У корпусі розташована камера для спалювання *3* піротехнічної сполуки з підпалювальним пристроєм *5*, теплоізольованим від стінок корпуса. У корпусі встановлено блок охолодження *8* і блок каталітичного охолодження *6*, що утримує дві розташовані на відстані решітки *7*. Між решітками розміщено каталітично активну речовину, що перебуває на постійній відстані від піротехнічної сполуки. Передбачено компенсаційний пристрій *9*, що фіксує піротехнічну сполуку *4* у нерухомому положенні.

Генератор FireStop виробництва ТОВ «Експерт 112» (м. Київ) (рис. 4.15) складається з металевого корпуса залежно від модифікації: корпус ГВА FS-А, ГВА FS-М вкрито термостійким лакофарбовим покриттям; ГВА FS-Х вкрито цинком і шаром термостійкого лакофарбового покриття. ГВА FS-К виготовлено з харчової нержавіючої сталі. В корпусі встановлено аерозолеутворюючий заряд, маса якого залежить від умовно-герметичного об'єму (модифікації А; Х; М) та від площі поверхні, на яких можливе загоряння (модифікація К). Аерозолеутворюючий заряд відділений від стінок корпуса теплозахисним матеріалом. Вузол запуску розміщений всередині генератора і приєднаний до клемної колодки на корпусі генератора (клеми 1, 2). ГВА має вбудований пристрій контролю спрацьовування (виходу аерозолю), нормально розімкнений контакт, який спрацьовує при роботі ГВА. Кабель пристрою виведено до клемної колодки на корпусі генератора (клеми 3, 4). До клемної колодки на клеми підключення ліній запуску і контролю спрацьовування ГВА можна підключати кабель із максимальним перерізом струмопровідної жили 2,0 мм^2.

Рис. 4.15 – Зовнішній вигляд вітчизняного генератора вогнегасного аерозолю FireStop

Для автоматичного запуску ГВА необхідно подати імпульс постійного струму з максимальним значенням 0,4 А упродовж 1,0 с. Мінімальна електрична напруга при цьому має становити 3,0 В. Максимальна напруга обмежується технічними характеристиками ППКП.

Постійний контроль цілісності електричної мережі вузла запуску ГВА здійснюється постійним електричним струмом не більш ніж 0,005 А. Періодичний контроль цілісності електричної мережі вузла запуску ГВА здійснюється постійним електричним струмом не

більш ніж 10 мА упродовж 5,0 с з наступною перервою не менш ніж 300 с. Також ГВА можуть комплектуватися автономним вузлом запуску. ГВА модифікацій «А»; «Х»; «М» можуть мати термохімічний або термоелектричний автономні вузли запуску. Термохімічний вузол запуску виконано у вигляді відрізка, довжиною до 60 мм, термочутливого шнура, температура самоспалахування якого становить понад 200 °С, або одразу при безпосередньому контакті з полум'ям.

Генератори випускаються в наступних модифікаціях:

ГВА FS-А, для широкого застосування (для всіх умовно герметичних, негерметичних об'ємів, які відповідають вимогам виконання для типів клімату та мікроклімату: У-0 (N); УХЛ-1 (NF); О-5(U) за ГОСТ 15150).

ГВА FS-Х, спеціального використання, для атомних електростанцій, об'єктів енергетичного комплексу (для всіх умовно герметичних, негерметичних об'ємів, які відповідають вимогам виконання для всіх типів клімату та мікроклімату за ГОСТ 15150).

ГВА FS-М, для транспортних засобів будь-якого типу: вантажних, пасажирських (для всіх умовно герметичних, негерметичних об'ємів, які відповідають вимогам виконання для всіх типів клімату та мікроклімату за ГОСТ 15150.)

ГВА FS-К, для гасіння загорянь жиру в зонах із кухонним обладнанням, негерметичних об'ємів, які відповідають вимогам виконання для типів клімату та мікроклімату: У-0 (N); УХЛ-1 (NF); О-5(U) за ГОСТ 15150.

4.6 Проектування автоматичних систем аерозольного пожежогасіння

Проектування САПГ здійснюють підприємства (організації) та приватні особи, які одержали на це спеціальний дозвіл у встановленому порядку.

Вихідними даними для розрахунку та проектування САПГ є:

– призначення захищуваного приміщення, ступінь вогнестійкості будівлі;

– геометричні розміри захищуваного приміщення (об'єм, площа огороджувальних конструкцій, висота) та характеристика будівельних конструкцій, зокрема межа вогнетривкості та межа поширювання вогню;

– наявність та характеристика постійно відкритих прорізів, їх розподіл по висоті приміщення;

– наявність та характеристика систем вентиляції, кондиціювання повітря, повітряного опалення;

– наявність та характеристика засклення;

– перелік та показники пожежної небезпеки речовин і матеріалів, наявність електричного та електронного устаткування, що перебувають у захищуваному приміщенні, та відповідний їм клас (підклас) пожежі згідно з ГОСТ 27331;

– величина, характер, а також схема розподілу пожежної навантаги;

– розташування та характеристика технологічного устаткування, властивості матеріалів;

– категорія приміщень згідно з НАПБ Б.07.005 та класи пожежонебезпечних зон згідно з ДНАОП 0.00-1.32;

– робоча температура, тиск та вологість у захищуваному приміщенні;

– наявність людей та можливість їх евакуації до початку роботи ГВА;

– нормативна вогнегасна здатність АУС, технічні характеристики ГВА, зокрема розміри та величини температурних зон аерозольного струменя, за їх наявності, тривалість роботи;

– гранично допустимі тиск та температура у захищуваному приміщенні для будівельних конструкцій, устаткування або матеріалів;

– висновок державної санітарно-гігієнічної експертизи на ГВА.

В результаті розрахунків необхідно визначити наступні параметри САПГ:

– сумарну масу АУС, призначеного для гасіння пожежі;

– кількість ГВА обраних типів;

– порядок (алгоритм) запуску ГВА;

– значення надлишкового тиску під час подавання вогнегасного аерозолю у приміщення;

– резервний запас ГВА.

ГВА слід розміщувати на поверхні несучих та огороджувальних конструкцій, виготовлених з негорючих матеріалів, або передбачати заходи щодо забезпечення вимог безпеки, викладених у технічній документації на конкретний тип ГВА. Не слід розміщувати ГВА таким чином, щоб струмінь аерозолю був спрямований у напрямку постійно відкритого прорізу (прорізів) в огороджувальних конструкціях приміщення.

Також розміщення ГВА у приміщенні повинно забезпечувати можливість контролю цілості їх корпуса та заміни пошкодженого чи несправного генератора новим.

Розміщення ГВА у приміщенні, що захищається, повинно здійснюватись:

– виходячи з умов забезпечення рівномірного розподілу аерозолю у приміщенні;

– виключення впливу високотемпературних зон на обслуговуючий персонал та розташовані усередині захищуваного приміщення горючі матеріали й обладнання;

– безпечні відстані від генератора до шляхів евакуації, горючих матеріалів та обладнання, розміри високотемпературних зон повинні відповідати вимогам, викладеним в технічній документації на ГВА.

Основним способом приведення ГВА у дію є автоматичний електричний запуск із дублюванням його ручним дистанційним запуском.

Як правило, виконується одночасно запуск всіх ГВА, але в разі різкого зростання надлишкового тиску у приміщенні запуск генераторів необхідно виконувати постадійно, тобто окремими групами. При цьому пожежні приймально-контрольні прилади та пожежні прилади управління повинні мати можливість формувати сигнали запуску ГВА з фіксованою затримкою в часі.

В разі використання *безадресної* системи сигналізації в якості системи виявлення пожежі, для запобігання помилковому спрацьовуванню системи пожежогасіння, автоматичне приведення у дію ГВА відбувається після спрацьовування не менше двох безадресних сповіщувачів різних шлейфів сигналізації. Для *адресних* систем сигналізації достатньо спрацьовування двох сповіщувачів однієї сигнальної лінії.

Використання електричного запуску в системах аерозольного пожежогасіння передбачає наявність можливостей:

– автоматичного запуску системи;

– перемикання автоматичного запуску на ручний дистанційний під час перебування людей у приміщенні, що захищається, та відновлення режиму автоматичного запуску установки з інформуванням про це чергового персоналу, що знаходиться у приміщенні пожежного поста;

– автоматичне перемикання електричних мереж живлення з робочого вводу на резервний під час зникнення напруги на робочому вводі електропостачання;

– подача звукового та світлового сигналу оповіщення про пожежу;

– ручний дистанційний запуск установки, пусковий пристрій якої треба розміщувати ззовні приміщення, що захищається, біля евакуаційних виходів, у приміщенні пожежного поста з персоналом, який веде цілодобове чергування;

– контролювання працездатності електричних мереж керування пуском електричних вузлів запуску ГВА (визначення обриву);

– контролювання звукової та світлової сигналізації;

– формування, за необхідності, сигналу управління технологічним та електротехнічним устаткуванням об'єкта.

Під час автоматичного запуску ГВА необхідно передбачати:

– затримування запуску ГВА на час, необхідний для евакуації людей, але не менш ніж на 30 с, після спрацьовування світлозвукових оповіщувачів у приміщенні, що захищається;

– формування сигналу управління на закриття дверей приміщення;

– формування сигналу управління на вимкнення системи примусової вентиляції приміщення, що захищається;

– подача світлового сигналу оповіщення у вигляді напису на світлових табло «Аерозоль – виходь!» та звукового сигналу оповіщення у приміщення, що захищається;

– подача світлового сигналу «Аерозоль – не заходь!» та звукового сигналу оповіщення біля входу у приміщення, що захищається, з моменту виявлення у ньому пожежі САПГ та початку затримування запуску ГВА;

– формування сигналу про спрацьовування ГВА у приміщенні чергового персоналу;

– формування сигналу про стан САПГ до чергової служби системи централізованого пожежного спостереження.

4.6.1 Методика розрахунку автоматичних систем аерозольного пожежогасіння

Розрахунок маси заряду АУС

Сумарна маса заряду АУС, необхідного для гасіння (ліквідації або локалізації) пожежі об'ємним способом у приміщенні заданого об'єму та негерметичності, визначається за формулою:

$$M_{\text{АУС}} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot q_{\text{н}} \cdot V \text{ кг}, \qquad (4.1)$$

де V – об'єм приміщення, що захищається, м^3;

$q_{\text{н}}$ – нормативна вогнегасна здатність (величина $q_{\text{н}}$ має бути вказана у технічній документації на генератор), кг·м$^{-3}$;

K_1 – коефіцієнт, що враховує нерівномірність розподілу аерозолю по висоті приміщення;

K_2 – коефіцієнт, що враховує вплив негерметичності приміщення, що захищається;

K_3 – коефіцієнт, що враховує особливості споруди, у якій прокладено кабелі;

K_4 – коефіцієнт, що враховує особливості розташування кабелів у просторі.

Коефіцієнти рівняння (4.1) визначають таким чином:

– коефіцієнт K_1 приймають таким, що дорівнює:

K_1 = 1,0 – за висоти приміщення не більше 3,0 м;

K_1 = 1,15 – за висоти приміщення від 3,0 м до 5,0 м;

K_1 = 1,25 – за висоти приміщення від 5,0 м до 8,0 м;

K_1 = 1,4 – за висоти приміщення від 8,0 м до 10,0 м;

– коефіцієнт K_2 визначають за формулою:

$$K_2 = 1 + U^* \cdot \tau_{\text{Л}} \qquad (4.2)$$

де U^* – визначене за табл. 4.2 значення відносної інтенсивності подавання аерозолю за даних значень параметра негерметичності приміщення δ та параметра розподілу негерметичності за висотою приміщення, що захищається, ψ, с$^{-1}$;

$\tau_{\text{л}}$ – розмірний коефіцієнт, що дорівнює 6 с.

δ – параметр негерметичності приміщення, що захищається, визначають як відношення площі постійно відкритих прорізів ΣF до об'єму приміщення V:

$$\delta = \frac{\sum F}{V} \text{ м}^{-1};$$

ψ – параметр розподілу негерметичності за висотою приміщення, що визначають як відношення площі постійно відкритих прорізів у верхній половині приміщення $F_{\text{в}}$ до сумарної площі постійно відкритих прорізів приміщення,

$$\psi = \frac{F_в}{\sum F} \cdot 100, \%.$$

Коефіцієнт K_3 приймають таким, що дорівнює:

K_3 = 1,5 – для кабельних споруд;

K_3 = 1,0 – для інших споруд.

Коефіцієнт K_4 приймають таким, що дорівнює:

K_4 = 1,15 – у разі розташування поздовжньої осі кабельної споруди під кутом, більшим ніж 45° до горизонту (вертикальні, нахилені кабельні колектори, тунелі, коридори та кабельні шахти);

K_4 = 1,0 – в інших випадках.

У разі визначання розрахункового об'єму захищуваного приміщення, *V,* об'єм устаткування, розташованого в ньому, із загального об'єму не вираховують.

Визначення необхідної кількості генераторів у складі системи

Загальну кількість генераторів *N* слід визначати за умови, що сума мас зарядів АУС всіх генераторів у складі системи має бути не меншою за сумарну масу зарядів АУС, яку розраховано за формулою (4.1):

$$\sum_{i=1}^{N} m_{\text{ГВА}i} \geq M_{\text{АУС}}, \qquad (4.3)$$

де $m_{\text{ГВА}i}$, – маса заряду АУС в одному генераторі, кг.

За наявності у САПГ однотипних генераторів, загальну кількість ГВА треба визначати за формулою:

$$N \geq \frac{M_{\text{АУС}}}{m_{\text{ГВА}}}, \text{ шт.} \qquad (4.4)$$

Отримане дробове значення *N* округлюють до більшого цілого числа.

Визначення запасу генераторів

Система, крім розрахункового, повинна мати 100 % запас (за кожним типом ГВА).

За наявності на об'єкті кількох САПГ запас генераторів передбачають у кількості, достатній для відновлення працездатності системи, що спрацювала у будь-якому із приміщень об'єкта, що підлягають захисту

.

Таблиця 4.2

Параметр негерметичності δ, $м^{-1}$	**Відносна інтенсивність подавання аерозолю у приміщення *U**, $с^{-1}$ у разі параметра розподілу негерметичності за висотою захищуваного приміщення ψ, %**											
	0	**5**	**10**	**20**	**30**	**40**	**50**	**60**	**70**	**80**	**90**	**100**
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**
0,000	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050
0,001	0,0056	0,0061	0,0073	0,0098	0,0123	0,0149	0,0173	0,0177	0,0177	0,0148	0,0114	0,0091
0,002	0,0063	0,0073	0,0096	0,0146	0,0195	0,0244	0,0291	0,0299	0,0299	0,0244	0,0176	0,0132
0,003	0,0069	0,0084	0,0119	0,0193	0,0265	0,0337	0,0406	0,0416	0,0416	0,0336	0,0237	0,0172
0,004	0,0076	0,0095	0,0142	0,0240	0,0334	0,0428	0,0516	0,0530	0,0530	0,0426	0,0297	0,0211
0,005	0,0082	0,0106	0,0164	0,0286	0,0402	0,0516	0,0623	0,0639	0,0639	0,0513	0,0355	0,0250
0,006	0,0089	0,0117	0,0187	0,0331	0,0468	0,0602	0,0726	0,0745	0,0745	0,0597	0,0413	0,0288
0,007	0,0095	0,0128	0,0209	0,0376	0,0532	0,0685	0,0826	0,0847	0,0847	0,0679	0,0469	0,0326
0,008	0,0101	0,0139	0,0231	0,0420	0,0596	0,0767	0,0923	0,0946	0,0946	0,0759	0,0523	0,0362
0,009	0,0108	0,0150	0,0254	0,0463	0,0658	0,0846	0,1016	0,1042	0,1042	0,0837	0,0577	0,0399
0,010	0,0114	0,0161	0,0275	0,0506	0,0719	0,0923	0,1107	0,1135	0,1135	0,0912	0,0630	0,0434
0,011	0,0120	0,0172	0,0297	0,0549	0,0779	0,0999	0,1195	0,1224	0,1224	0,0985	0,0681	0,0470
0,012	0,0127	0,0183	0,0319	0,0591	0,0838	0,1072	0,1281	0,1311	0,1311	0,1057	0,0732	0,0504
0,013	0,0133	0,0194	0,0340	0,0632	0,0896	0,1144	0,1363	0,1396	0,1396	0,1126	0,0781	0,0538
0,014	0,0139	0,0205	0,0362	0,0673	0,0952	0,1214	0,1444	0,1477	0,1477	0,1194	0,0830	0,0572
0,015	0,0146	0,0216	0,0383	0,0713	0,1008	0,1282	0,1522	0,1557	0,1557	0,1260	0,0878	0,0605
0,016	0,0152	0,0227	0,0404	0,0753	0,1062	0,1349	0,1598	0,1634	0,1634	0,1324	0,0924	0,0638
0,017	0,0158	0,0237	0,0425	0,0792	0,1116	0,1414	0,1672	0,1709	0,1709	0,1386	0,0970	0,0670
0,018	0,0165	0,0248	0,0446	0,0831	0,1169	0,1477	0,1744	0,1781	0,1781	0,1448	0,1015	0,0702
0,019	0,0171	0,0259	0,0467	0,0870	0,1220	0,1540	0,1814	0,1852	0,1852	0,1507	0,1059	0,0733
0,020	0,0177	0,0269	0,0487	0,0908	0,1271	0,1600	0,1882	0,1921	0,1921	0,1565	0,1103	0,0764
0,021	0,0183	0,0280	0,0508	0,0945	0,1321	0,1660	0,1948	0,1988	0,1988	0,1622	0,1145	0,0794

Продовження таблиці 4.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0,022	0,0190	0,0291	0,0528	0,0982	0,1370	0,1718	0,2012	0,2053	0,2053	0,1677	0,1187	0,0824
0,023	0,0196	0,0301	0,0549	0,1019	0,1418	0,1775	0,2075	0,2116	0,2116	0,1731	0,1228	0,0854
0,024	0,0202	0,0312	0,0569	0,1055	0,1465	0,1830	0,2136	0,2178	0,2178	0,1784	0,1268	0,0883
0,025	0,0208	0,0322	0,0589	0,1091	0,1512	0,1885	0,2196	0,2238	0,2238	0,1836	0,1308	0,0911
0,026	0,0214	0,0333	0,0609	0,1126	0,1558	0,1938	0,2254	0,2297	0,2297	0,1886	0,1347	0,0940
0,027	0,0221	0,0343	0,0629	0,1161	0,1603	0,1990	0,2311	0,2354	0,2354	0,1935	0,1385	0,0968
0,028	0,0227	0,0354	0,0648	0,1195	0,1647	0,2041	0,2366	0,2410	0,2410	0,1984	0,1423	0,0995
0,029	0,0233	0,0364	0,0668	0,1229	0,1691	0,2092	0,2420	0,2464	0,2464	0,2031	0,1459	0,1022
0,030	0,0239	0,0375	0,0687	0,1263	0,1734	0,2141	0,2473	0,2517	0,2517	0,2077	0,1496	0,1049
0,031	0,0245	0,0385	0,0707	0,1296	0,1776	0,2189	0,2525	0,2569	0,2569	0,2122	0,1531	0,1075
0,032	0,0251	0,0395	0,0726	0,1329	0,1817	0,2236	0,2575	0,2619	0,2619	0,2166	0,1567	0,1102
0,033	0,0258	0,0406	0,0745	0,1362	0,1858	0,2282	0,2625	0,2669	0,2669	0,2210	0,1601	0,1127
0,034	0,0264	0,0416	0,0764	0,1394	0,1898	0,2327	0,2673	0,2717	0,2717	0,2252	0,1635	0,1153
0,035	0,0270	0,0426	0,0783	0,1426	0,1938	0,2372	0,2720	0,2764	0,2764	0,2294	0,1668	0,1178
0,036	0,0276	0,0436	0,0802	0,1458	0,1977	0,2415	0,2766	0,2810	0,2810	0,2334	0,1701	0,1203
0,037	0,0282	0,0446	0,0820	0,1489	0,2015	0,2458	0,2811	0,2855	0,2855	0,2374	0,1734	0,1227
0,038	0,0288	0,0457	0,0839	0,1520	0,2053	0,2500	0,2855	0,2899	0,2899	0,2413	0,1766	0,1251
0,039	0,0294	0,0467	0,0857	0,1550	0,2090	0,2541	0,2898	0,2943	0,2943	0,2451	0,1797	0,1275
0,040	0,0300	0,0477	0,0876	0,1580	0,2127	0,2582	0,2940	0,2985	0,2985	0,2489	0,1828	0,1298

Генератори потрібно зберігати на складі об'єкта або на складі організації, що здійснює технічне обслуговування системи пожежогасіння.

4.6.2 Методика розрахунку надлишкового тиску під час подавання вогнегасного аерозолю у приміщення

В разі подачі вогнегасного аерозолю до герметичного приміщення (δ = 0) значення надлишкового тиску P_m розраховують за формулою:

$$P_m = \frac{0{,}0265 \cdot Q \cdot M_{\text{АУС}}}{S \cdot \tau_{\text{САПГ}}} \left[1 - \exp\left(-0{,}0114 \cdot \frac{S \cdot \tau_{\text{САПГ}}}{V} \right) \right] \text{ кПа}, \quad (4.5)$$

де Q – питоме тепловиділення під час роботи генераторів (кількість теплоти, що виділяється під час роботи генераторів у приміщення, яке підлягає захисту, і яку віднесено до одиниці маси АУС, як правило, вказують у технічній документації на генератор), кДж·кг$^{-1}$;

S – площа огороджувальних конструкцій приміщення, що захищається (сума площ поверхні стін, підлоги та стелі приміщення), м^2.

Надлишковий тиск у негерметичних приміщеннях визначають за формулою:

$$P_m = k \cdot A^n, \quad (4.6)$$

де A – безрозмірний параметр, який розраховують за формулою:

$$A = 1{,}13 \cdot 10^{-8} \left(1 - 4{,}4 \cdot 10^{-3} \frac{S \cdot \tau_{\text{САПГ}}}{V} \right) \cdot \frac{Q \cdot I}{\delta}; \quad (4.7)$$

$$I = \frac{M_{\text{АУС}}}{V \cdot \tau_{\text{САПГ}}};$$

k, n – коефіцієнти, що складають:

якщо $0{,}01 \le A \le 1{,}2$ k = 20 кПА, n = 1,7;

якщо $A > 1{,}2$ k = 32 кПА, n = 0,2.

Якщо параметр $A < 0{,}01$, розрахунок тиску не виконують та вважається, що установка відповідає вимозі $P_m < P_{\text{гран}}$.

Приклад розрахунку автоматичної системи аерозольного пожежогасіння приміщення кабельного тунелю. Розміри приміщення, що підлягає захисту: довжина A = 50 м, ширина – B = 4,5 м, висота H = 4,2 м. Постійно відкритих прорізів немає.

Розв’язок.

Об’єм приміщення, що захищається, становить

$$V = 50 \cdot 4{,}5 \cdot 4{,}2 = 945 \text{ м}^3.$$

Коефіцієнти з рівняння (4.1) набувають таких значень:

– оскільки висота приміщення не перевищує 5 м, то коефіцієнт K_1 = 1,15;

– значення відносної інтенсивності подавання аерозолю U^* обираємо за табл. 4.1. З урахуванням того, що для герметичного приміщення δ = 0, значення U^* = 0,005. Коефіцієнт K_2, відповідно до виразу (4.2), дорівнює

$$K_2 = 1 + 0{,}005 \cdot 6 = 1{,}03;$$

– коефіцієнт K_3 для кабельних споруд дорівнює K_3 = 1,5;

– виходячи з того, що кабелі розташовані в горизонтальній площині, коефіцієнт K_4= 1.

Значення нормативної вогнегасної здатності аерозолю дорівнює 0,05 кг·м$^{-3}$ для вогнегасних аерозолів, що утворюються під час роботи генераторів серії АГС (сертифікованих в Україні).

Сумарна маса заряду АУС, необхідна для гасіння пожежі в кабельному тунелі, дорівнює:

$$M_{\text{АУС}} = 1{,}15 \cdot 1{,}03 \cdot 1{,}5 \cdot 1 \cdot 945 \cdot 0{,}05 = 90{,}668 \text{ кг}.$$

Для захисту кабельного тунелю застосуємо генератори марки АГС–7/2; маса заряду АУС, що міститься в одному генераторі, дорівнює 6,7 кг. Тоді, згідно з виразом (4.4), для створення вогнегасної концентрації у приміщенні необхідно застосувати 14 генераторів.

Для визначення порядку приведення в дію генераторів необхідно розрахувати значення надлишкового тиску за формулою (4.5) з урахуванням того, що всі генератори спрацьовують одночасно і тривалість роботи одного генератора становить 24 с; таким чином, час роботи всієї установки $\tau_{\text{САПГ}}$= 24 с. З технічних характеристик генератора АГС-7/2 маємо тепловиділення під час роботи генератора $Q_{\text{ГВА}}$ = 25500 кДж; з урахуванням маси генератора питоме тепловиділення буде дорівнювати:

$$Q = \frac{Q_{\text{ГВА}}}{m_{\text{ГВА}}} = \frac{25500}{6{,}7} = 3806 \text{ кДж·кг}^{-1}.$$

Площу огороджувальних конструкцій приміщення знайдемо з виразу:

$$S = 2 \cdot \left[A \cdot B + H \cdot \left(A + B \right) \right] = 2 \cdot \left[50 \cdot 4{,}5 + 4{,}2 \cdot \left(50 + 4{,}5 \right) \right] = 907{,}8 \text{ м}^2.$$

Уточнюємо масу АУС, яка знаходиться в 14 генераторах:

$$M_{\text{АУС}} = N \cdot m_{\text{ГВА}} = 14 \cdot 6{,}7 = 93{,}8 \text{ кг}.$$

Надлишковий тиск у приміщенні під час роботи 14 генераторів буде дорівнювати:

$$P_m = \frac{0{,}0265 \cdot 3806 \cdot 93{,}8}{907{,}8 \cdot 24} \left[1 - \exp\left(-0{,}0114 \cdot \frac{907{,}8 \cdot 24}{945} \right) \right] = 0{,}1004 \text{ кПа}.$$

Розраховане значення надлишкового тиску не перевищує граничного значення тиску, за якого відбувається руйнування будівельних конструкцій $P_{\text{гр}}$=2÷4 кПа. Під час роботи установки можна передбачати одночасний запуск всіх генераторів.

4.7 Технічне утримання й експлуатація систем аерозольного пожежогасіння

Технічне обслуговування САПГ регламентується державним стандартом України [7]. Основними видами обслуговування систем вказаного типу є *щотижневе* й *щомісячне технічне обслуговування*.

У рамках проведення *щотижневого обслуговування* обов'язковим є проведення наступних заходів:

– зовнішній огляд цілості приладів і оснащення (наявність пломб на щитах електроживлення й т.п.);

– перевірка працездатності технічних засобів, які входять до складу систем;

– перевірка цілості електричних мереж запуску генераторів вогнегасного аерозолю.

Щомісячне технічне обслуговування систем аерозольного пожежогасіння включає перевірку:

– величини напруги живлення;

– працездатності пристрою автоматичного включення резервного живлення;

– мереж блокування, сигналізації, захисту;

– надходження сигналів тривоги на приймально-контрольний прилад під час імітації ушкодження зазначених мереж;

– працездатності приладів пожежної сигналізації та пристроїв запуску ГВА відповідно до вимог технічної документації на зазначені засоби.

Після закінчення роботи ГВА відкривати двері для провітрювання приміщення дозволяється не раніше, ніж через 10 хвилин, а допуск у приміщення дозволяється після провітрювання та зниження концентрації аерозолю й видимості не менше ніж через 5–6 с. Допускається для провітрювання використовувати пересувні вентиляційні установки.

Після осідання аерозолю у приміщенні необхідно провести вологе прибирання (бажано підкисленою водою з рівнем pH = 4-5). Працівники повинні застосовувати гумові рукавиці, захисні окуляри й респіратори типу «Пелюсток-200».

Утилізація генераторів вогнегасного аерозолю, які відслужили свій строк експлуатації, проводиться відповідно до технічної документації підприємства-виробника.

Системи аерозольного пожежогасіння повинні бути забезпечені 100 %, стосовно розрахункової кількості, запасом ГВА. У випадку захисту декількох приміщень одного підприємства окремими системами запас генераторів визначається з розрахунку не менше 100 % заміни генераторів кожного типу у приміщенні, де встановлено САПГ з найбільшою їхньою кількістю.

Зберігання запасу ГВА здійснюється відповідно до вимог нормативної й технічної документації на них. Запас генераторів може зберігатися на складах підприємств, установ і організацій, які здійснюють обслуговування САПГ об’єкта, що захищається, за умови можливості оперативної доставки генераторів на об’єкт.

Контрольні питання до розділу 4

1. Розкрити передумови створення систем аерозольного пожежогасіння.
2. Для гасіння яких речовин і матеріалів не можна застосовувати системи аерозольного пожежогасіння?
3. Які елементи входять до складу автоматичних систем аерозольного пожежогасіння?
4. У чому полягає принцип роботи генератора вогнегасного аерозолю?

5. Розкрити механізм вогнегасної дії аерозолю.

6. Вкажіть основні заходи щомісячного технічного обслуговування систем аерозольного пожежогасіння.

Література до розділу 4

1. Бондаренко С.Н. Применение генераторов огнетушащего аэрозоля в составе автоматических установок пожаротушения, вопросы математического моделирования / С.Н. Бондаренко // Проблемы пожарной безопасности: сб. науч. тр. – Вып. 3. – Харьков: ХИПБ, 1998. – С. 25–28.

2. Абрамов Ю.А. Современные средства объемного пожаротушения / Ю.А. Абрамов, С.Н. Бондаренко, В.П. Садковой. – Харьков:АГЗ Украины,2005. – 148 с.

3. ДБН В.2.5-56:2014 Системи протипожежногозахисту

4. Топольский Н.Г. Автоматизация пожаротушения с использованием аэрозолеобразующих генераторов / Н.Г. Топольский, В.Л. Иванников, А.А. Черновский// Аэрозоли. – 1996. – Вып. 2, №9. – С. 25.

5. Аликин В.Н. Автономные системы аэрозольного пожаротушения на твердом топливе / В.Н. Аликин, Г.Э. Кузьмицкий, А.Е. Степанов. – Пермь: ПНЦ УрО РАН, 1998. – 148 с.

6. Агафонов В.В. Установки аэрозольного пожаротушения: элементы и характеристики, проектирование, монтаж и эксплуатация. / В.В. Агафонов, Н.П. Копылов. – М.: ВНИИПО, 1999. – 232 с.

7. ДСТУ 4490:2005 Установки автоматичні аерозольного пожежогасіння. Проектування, монтування та експлуатування. Технічні вимоги.

РОЗДІЛ 5. АВТОМАТИЧНІ СИСТЕМИ ПОЖЕЖОГАСІННЯ З ГЕЛЕУТВОРЮЮЧИМИ СПОЛУКАМИ

До автоматичних систем пожежогасіння з гелеутворюючими сполуками відноситься обладнання «BRAND KITCHEN SAFE».

Система розроблена для гасіння загоряння жирів, олив, твердих горючих речовин на об'єктах громадського харчування, в кафе, ресторанах і промислових кухнях. Об'єктами її захисту є поверхні плит, мангали, сковороди, грилі, печі, фільтри витяжних зонтів і переходи витяжних каналів.

Конструктивно система складається з модуля пожежогасіння, розподільчого трубопроводу з насадками, системи виявлення та пуску. До складу системи входить модуль з одним пусковим балоном і балоном, заповненим вогнегасною речовиною масою 10 кг, та електрична або механічна (тросова) система виявлення пожежі та пуску.

У системах з електричним пуском для виявлення пожежі застосовуються теплові лінійні пожежні сповіщувачі (термокабель), які прокладаються над захищеними поверхнями. З огляду на високі значення робочих температур у зоні, яка захищається, зазвичай застосовуються теплові лінійні пожежні сповіщувачі серії ТС (термокабель), наприклад виробництва «Safe Fire Detection» (США).

У системах з механічним (тросовим) виявленням пожежі та пуском як детектори застосовуються термочутливі або легкоплавкі замки. При перевищенні порогової температури (температури руйнування колби або плавкої вставки) відбувається руйнування детектора тросової системи і вантаж, утримуваний тросовою системою, падає на механічний пускач, який приводить у дію запірно-пусковий пристрій пускового балона з газом-витискувачем. Газ-витискувач по рукаву високого тиску надходить до балона з вогнегасною речовиною, після чого вогнегасна речовина через випускний пристрій надходить у розподільчий трубопровід і далі через насадки подається на поверхню, що захищається.

У системах із тросовим (механічним) пускачем можлива установка дистанційного ручного активатора, який встановлюється на шляхах евакуації. Така система є повністю автономною і не вимагає джерел живлення.

Як вогнегасна речовина застосовується вогнегасна сполука Prevento®, виробництва фірми «Febbex International GmbH» (Німеччина). До складу вогнегасної речовини входять полімер (поліакрилова кислота NA), органічні солі, згущувач, які при взаємодії з водою утворюють гель.

Охолоджувальні характеристики гелю Prevento в 20 разів перевищують охолоджувальні характеристики води. В'язкість гелю приводить до більш тривалого та якісного ефекту охолодження, обмежує доступ кисню, запобігає поширенню полум'я і виникненню повторного загоряння. Термічний розклад гелю Prevento настає за температури 240 °С, але небезпечні продукти розпаду відсутні. Він не є небезпечним для здоров'я людини. Місця, на які потрапив гель, промиваються водою і протираються ганчіркою насухо. Гостра оральна токсичність – більше 7000 мг/кг, він не подразнює шкіру і слизові оболонки. Зберігають вогнегасну сполуку Prevento в герметичній ємності за температури від +5 °С до +50 °С. Його відкладення у трубопроводах і насадках виникають тільки від пересихання невидалених залишків після спрацьовування системи.

Системи локального пожежогасіння кухонного обладнання «BRAND KITCHEN SAFE» мають наступні технічні характеристики:

– маса вогнегасної речовини 10 або 20 кг залежно від моделі обладнання;

– ресурс спрацьовувань протягом терміну експлуатації – не менше 5 разів;

– час спрацьовувань протягом терміну експлуатації – не менше 5 с;

– вогнегасна здатність одного насадка (під час гасіння плоских поверхонь) до 1 м^2;

– максимальна кількість насадків 8 або 16 залежно від моделі обладнання;

– максимальна довжина розподільного трубопроводу – 20 або 24 м залежно від моделі обладнання.

Запірно-пусковий пристрій монтується на горловину пускового балона і призначається для запобігання виходу газу-витискувача в черговому режимі та його подачі при спрацьовуванні від механічної або електричної системи виявлення загоряння і пуску.

За функціональним призначенням і конструктивним виконанням ЗПП відноситься до запірної арматури клапанного типу, що працює від енергії робочого середовища, з використанням пускових пристроїв, що працюють від зовнішніх джерел (механічного або електричного).

Усередині корпуса ЗПП розміщений центральний клапан, виконаний у вигляді поршня, з боковими (кільцевими) і торцевими ущільнювачами, здатний переміщатися під дією різниці тисків середовища уздовж осі корпуса.

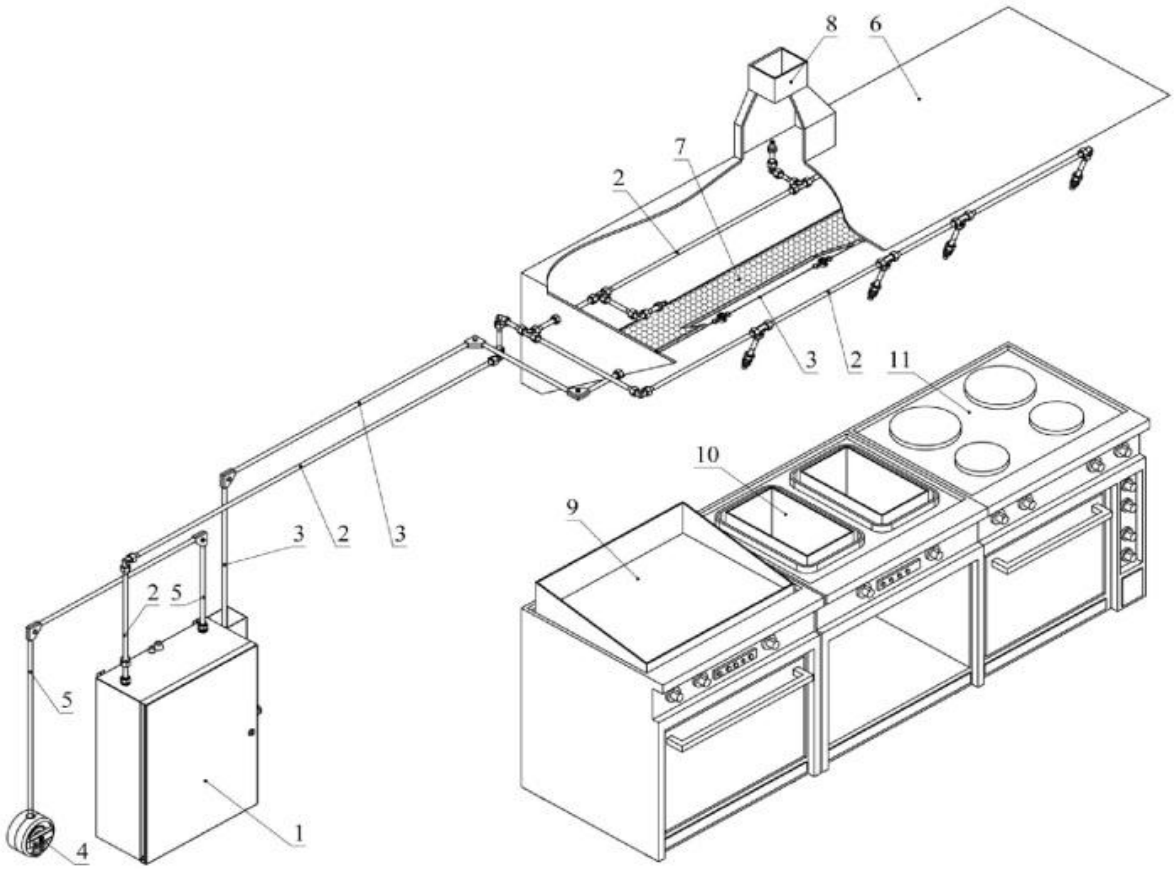


Рис. 5.1 – Типова схема системи з механічним способом виявлення і пуску:

1 – модуль; 2 – розподільний трубопровід із насадками; 3 – тросова система з детекторами; 4 – дистанційний ручний активатор; 5 – тросова система дистанційного ручного активатора; 6 – витяжний зонт; 7 – фільтр витяжного накриття; 8 – витяжний канал; 9, 10, 11 – кухонне обладнання

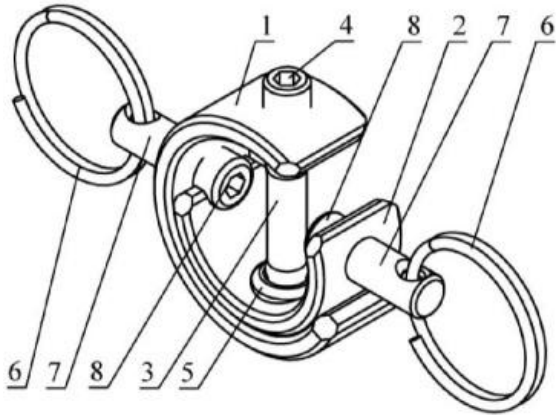


Рис. 5.2 – Загальний вигляд детектора з термочутливим замком:

1 – корпус; 2 – вставка; 3 – термочутлива колба; 4 – підтискний гвинт колби; 5 – компенсатор колби; 6 – кільце для кріплення троса; 7 – кріплення кільця; 8 – болт

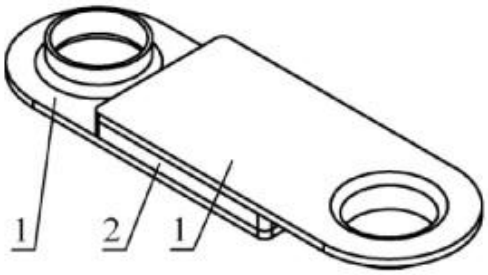


Рис. 5.3 – Загальний вигляд детектора з легкоплавким замком:

1 – пластина; 2 – плавка вставка

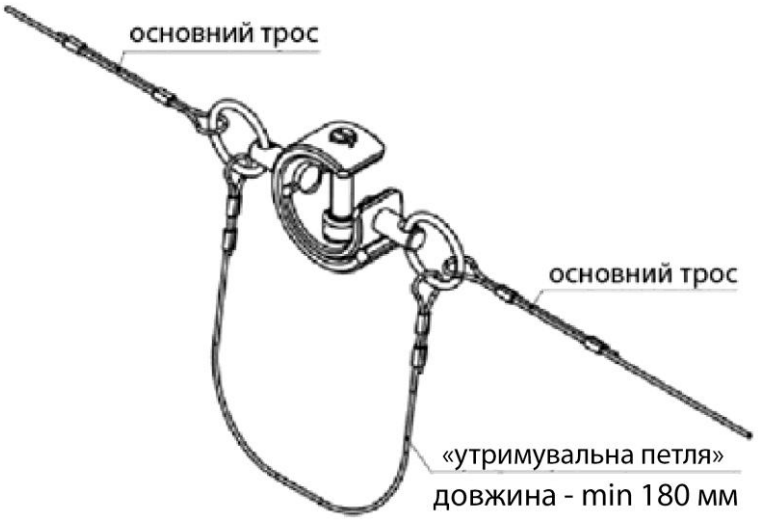


Рис. 5.4 – Монтаж тросової системи детектора з термочутливим замком

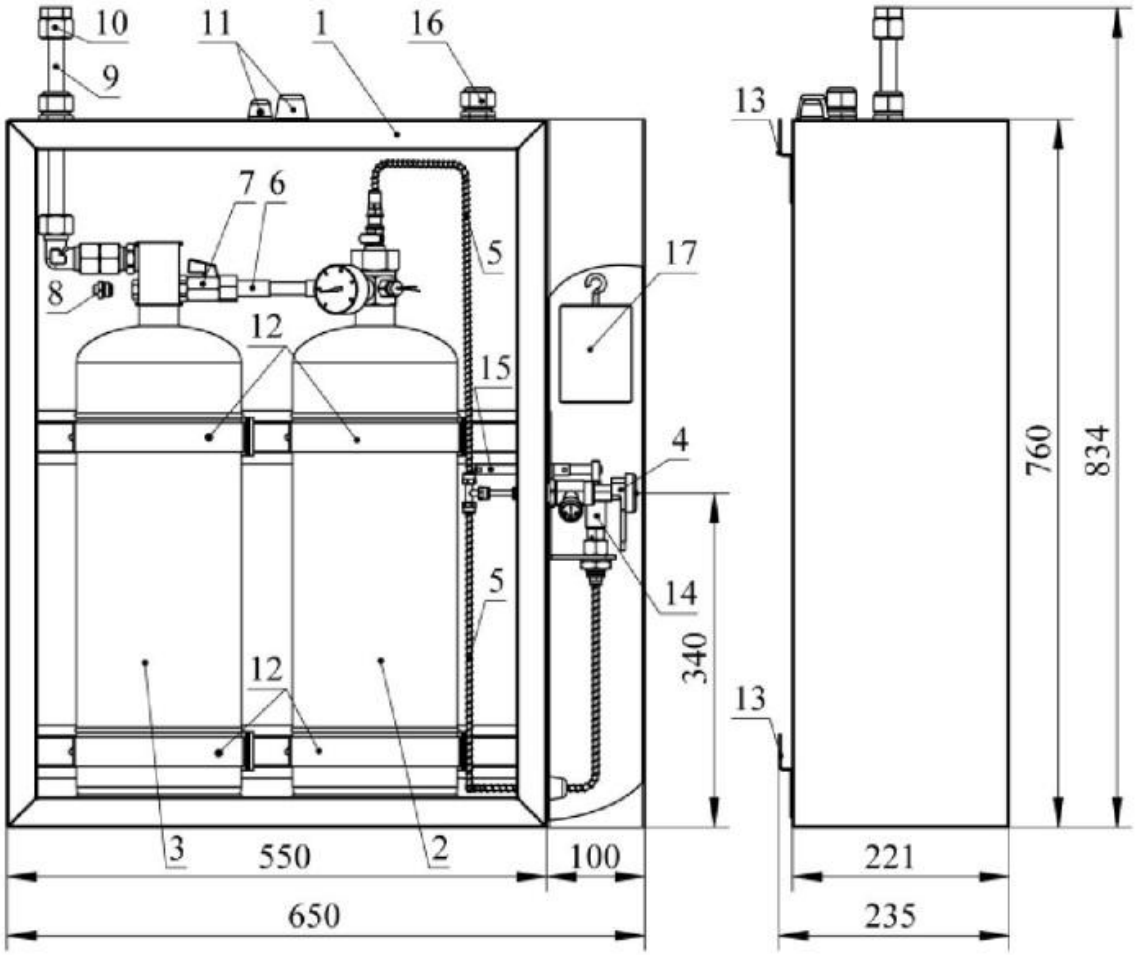


Рис. 5.5 – Будова і габаритні розміри модуля ВКS-10-1-МТ

1 – шафа; 2 – балон пусковий з газом-витискачем; 3 – балон із вогнегасною речовиною; 4 – ручний пускач; 5 – трубка пневмозапуску; 6 – рукав високого тиску; 7 – кульовий кран; 8 – дренажний клапан; 9 – випускний патрубок; 10 – заглушка; 11 – кабельний ввід; 12 – кріпильні ремені балонів; 13 – кронштейни кріплення модуля; 14 – механічний пускач; 15 – важіль дистанційного ручного активатора; 16 – трубний ввід; 17 – вантаж натяжний

У черговому режимі під тиском газу-витискача знаходяться камери над і під центральним клапаном. Рівність тисків забезпечується через дросельний отвір у центральному клапані. Герметизуюче зусилля, що забезпечує притиснення торцевого ущільнювача до сідла корпуса, створюється за рахунок різниці площ, на які впливає тиск зверху і знизу центрального клапана.

ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

Аерозоль вогнегасний
Алгоритм роботи автоматичних установок газового пожежогасіння
Батарея пожежогасіння
Вогнегасна здатність порошків
Водоживильник автоматичний
Водоживильник основний
Вузол запуску електричний
Вузол запуску термомеханічний
Вузол запуску термохімічний
Вузол управління
Газ-носій
Генератор вогнегасного аерозолю
Генератор вогнегасного аерозолю переносний
Генератор піни
Головка автоматична для випуску заряду ГАВЗ
Головка-затвор ГЗСМ
Дозатор
Замок легкоплавкий
Зрошувач дренчерний
Зрошувач спринклерний
Клапан
Кран із малим отвором
Кран шаровий
Манометр
Мережа розподільча
Площа розрахункова
Порошок вогнегасний
Пристрій випускний
Пристрій запірно-пусковий
Пристрій пусковий
Пристрій розподільчий
Речовина газова вогнегасна
Робот пожежний
Розрахунок АСГП
Розріджувач інертний
Сигналізатор тиску
Система автоматична водяного пожежогасіння
Система автоматична газового пожежогасіння
Система автоматична пінного пожежогасіння
Система автоматична порошкового пожежогасіння
Система автономна порошкового пожежогасіння
Система аерозольного пожежогасіння
Система гетерогенна
Система з лафетним стволом
Система пожежогасіння з газогенеруючим елементом
Система пожежогасіння закачувального типу
Система пожежогасіння тонкорозпиленою водою
Система спонукальна
Сполука аерозолеутворююча
Суміш газоаерозольна
Установка газового пожежогасіння з електричним пуском
Установка газового пожежогасіння із пневматичним пуском
Установка газового пожежогасіння модульна
Установка із тросовим пуском
Установка з централізованим зберіганням газу
Хладон

Навчальне видання

Антошкін Олексій Анатолійович
Бондаренко Сергій Миколайович
Дерев'янко Олександр Анатолійович
Дурєєв Вячеслав Олександрович
Котов Андрій Геннадійович
Литвяк Олександр Миколайович
Мурін Михайло Миколайович

Технічний редактор:
Марков Олег Олександрович

СУЧАСНІ ЗАСОБИ АВТОМАТИЧНОГО ПОЖЕЖОГАСІННЯ

Навчальний посібник

Підписано до друку 25.09.18 . Формат 60х84/16.
Папір 80 г/м². Ум.друк. арк. 10,0
Тираж 300 прим. Вид. № 122/18. Обл.вид арк. 7,2
Сектор редакційно-видавничої діяльності
Національного університету цивільного захисту України
61023, м. Харків, вул. Чернишевська, 94

www.nuczu.edu.ua

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

Ліцензія: Наказ МОН України від 17.02.2017 № 33-л

Навчальний заклад вищої освіти готує фахівців для підрозділів ДСНС України та підприємств усіх форм власності

Спеціальність	Спеціалізація	Інформація за телефонами
Екологія	•**Е**кологічна безпека	**(057) 707-34-31** **+38-067-422-96-63** **+38-066-738-40-14** **+38-063-772-91-75**
Цивільна безпека	•**О**хорона праці	
	•**Ц**ивільний захист •**У**правління у сфері цивільного захисту •**Т**елекомунікаційні системи в управлінні •**І**нженерне забезпечення саперних, піротехнічних та вибухових робіт	**+38-099-620-10-25** **+38-093-965-71-88** **+38-067-427-57-05** **+38-093-312-37-12** **+38-093-407-47-46** **+38-067-950-94-28**
Туризм	•**Т**уризм	**(057) 704-14-31** **+38-095-693-05-03**
Хімічні технології та інженерія	•**Р**адіаційний та хімічний захист	**+38-093-682-13-88** **+38-095-927-58-00** **+38-093-354-92-42**
Психологія	•**Е**кстремальна та кризова психологія	**(057) 707-34-60** **+38-093-312-35-40** **+38-093-406-84-36**
	•**Р**обота з персоналом	
Пожежна безпека	•**П**ожежна безпека •**У**правління пожежною безпекою	**(057) 707-34-80** **+38-067-571-90-10** **+38-063-776-80-59** **+38-067-900-47-52**
	•**А**втоматичні системи пожежної та технологічної безпеки	
	•**А**удит пожежної та техногенної безпеки	
	•**П**ожежогасіння та аварійно-рятувальні роботи •**Е**ксперт будівельний з пожежної та техногенної безпеки	**+38-095-927-58-00** **+38-099-184-87-22** **+38-063-249-80-00** **+38-093-354-92-42**
Публічне управління та адміністрування	•**Д**ержавне управління у сфері цивільного захисту	**(057) 704-14-81** **+38-066-251-53-19**
Технології захисту навколишнього середовища	•**Т**ехногенно-екологічна безпека	**(057) 707-34-31** **+38-067-422-96-63** **+38-066-738-40-14** **+38-063-772-91-75**

Здобувачі вищої освіти мають можливість навчатись на військовій кафедрі підготовки офіцерів запасу

К.т. +38-063-104-92-35; +38-067-903-12-36; +38-095-476-49-10