

Державна служба України з надзвичайних ситуацій
ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

На правах рукопису

Грушовінчук Олександр Володимирович

УДК 614.842.84

**ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ГЕНЕРАТОРІВ КОМБІНОВАНОЇ ПІНИ
ПІДВИЩЕНОЇ ВОГНЕГАСНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ**

Спеціальність 21.06.02 – пожежна безпека

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Науковий керівник:
д.т.н., професор Ковалишин В.В.

Львів – 2015

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТЕХНОЛОГІЙ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ ЛЕГКОЗАЙМИСТИХ І ГОРЮЧИХ РІДИН.....	12
1.1. Аналіз статистики пожеж з горінням легкозаймистих і горючих рідин та ефективності застосування вогнегасних речовин.....	12
1.2. Піноутворювачі, що використовуються для гасіння пожеж ЛЗР та ГР.....	20
1.3. Тактико-технічні характеристики генераторів піни.....	23
1.3.1. Генератори піни низької кратності.....	23
1.3.2. Генератори піни середньої кратності.....	26
1.3.3. Генератори комбінованої піни	27
1.4. Аналіз світових досягнень з питань розроблення засобів пінного гасіння.....	32
1.5. Ідея, мета і задачі досліджень.....	33
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВЗАЄМОДІЇ СТРУМЕНІВ ПОВІТРЯНО-МЕХАНІЧНОЇ ПІНИ РІЗНОЇ КРАТНОСТІ ПІД ЧАС ЇХ ПОЛЬОТУ.....	35
2.1. Математична модель процесу взаємодії струменів повітряно- механічної піни.....	35
2.1.1. Дослідження вертикальних струменів піни при довільній залежності сили опору від їх швидкостей та сили взаємодії струменів від різниці їх швидкостей.....	36
2.1.2. Використання рівнянь руху умовно зв'язаних матеріальних точок для розрахунку траєкторій похилих гідравлічних струменів.....	39
2.1.3. Дослідження процесу взаємодії струменів піни низької кратності із струменем піни середньої кратності.....	42
2.1.4. Попередні теоретичні дослідження процесу взаємодії струменів між собою.....	43

2.2. Теоретичні дослідження процесу транспортування струменя повітряно-механічної піни середньої кратності струменем (струменями) піни низької кратності.....	47
2.2.1. Визначення впливу взаємного розміщення струменів піни низької та середньої кратності на дальність польоту піни.....	47
2.3. Дослідження впливу вітру на траєкторію узагальненого струменя.....	59
2.3.1. Врахування зустрічних повітряних потоків.....	59
2.3.2. Врахування бокових повітряних потоків.....	62
2.4. Висновки за розділом	68
РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	70
3.1. Methodика проведення досліджень з виявлення впливу геометричних параметрів сітки на кратність згенерованої піни.....	70
3.2. Methodика проведення досліджень впливу напору перед стволем на дальність струменя та кратність піни.....	73
3.3. Methodика проведення досліджень з виявлення впливу кратності повітряно-механічної піни на її вогнегасну ефективність.....	82
3.4. Methodика проведення досліджень з визначення витрат розчину піноутворювача при застосуванні різного тиску подавання.....	83
3.4. Висновки за розділом.....	84
РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	85
4.1. Вплив геометричних параметрів сітки на кратність згенерованої піни.....	85
4.2. Вплив кратності повітряно-механічної піни на її вогнегасну ефективність.....	90
4.3. Висновки за розділом.....	100
РОЗДІЛ 5. ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	102
5.1. Розроблення дослідних зразків генераторів комбінованої піни.....	102

5.2. Проведення полігонних випробувань дослідних зразків генератора комбінованої піни.....	104
5.2.1. Проведення досліджень з визначення витрат водного розчину піноутворювача при різних тисках подавання.....	104
5.2.2. Проведення досліджень з визначення кратності згенерованої піни.....	106
5.2.3. Випробування з виявлення впливу напору перед генератором на дальність струменя та кратність піни	110
5.3. Розроблення проекту технічних документів на виготовлення, застосування та техніко-економічне оцінювання ефективності застосування розроблених за результатами досліджень генераторів комбінованої піни.....	114
5.4. Методичні рекомендації з використання генераторів комбінованої піни.....	116
5.5. Висновки за розділом.....	120
ВИСНОВКИ	121
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	124
ДОДАТОК А. Акт впровадження стволів у ГУ ДСНС України у м. Києві.....	136
ДОДАТОК Б. Акт впровадження ПЛСК-800 у виробництво Чернігівського КП «Пожтехніка».....	139
ДОДАТОК В. Акт впровадження ПЛСК-200 у виробництво Чернігівського КП «Пожтехніка».....	141
ДОДАТОК Д. Акт впровадження ПЛСК-800 у виробництво ТОВ «Хладар-Техсоюз».....	143
ДОДАТОК Е. Акт впровадження ПЛСК-200 у виробництво ТОВ «Хладар-Техсоюз».....	145
ДОДАТОК Ж. Патент на винахід	147
ДОДАТОК З. Технічні умови на виготовлення ПЛСК	156
ДОДАТОК К. Протокол ТОВ «Незалежна лабораторія пожежної безпеки»	177

№ 1Д/НЛПБ-2012 експериментальних досліджень впливу розміру сітки піногенератора на кратність піни середньої кратності, що генерується з розчину піноутворювача загального призначення.....

ДОДАТОК Л. Протокол ТОВ «Незалежна лабораторія пожежної безпеки»

№ 1Д/НЛПБ-2014 випробувань експериментальних зразків генераторів піни середньої та низької кратності з гасіння модельних вогнищ пожежі класів А та В

ВСТУП

Актуальність теми. Господарський комплекс України налічує понад 1,5 тис. вибухо- та пожежонебезпечних об'єктів, на яких зосереджено близько 13 млн. тонн твердих і рідких вибухо- та пожежонебезпечних речовин. Їх протипожежний захист є важливим елементом забезпечення пожежної безпеки у державі, а гасіння можливих пожеж чи ліквідація наслідків надзвичайних ситуацій на таких об'єктах потребує залучення значних сил та засобів.

Упродовж 2005-2014 років на території України [1] виникло 563 537 пожеж. Із них від легкозаймистих і горючих рідин 9 036 пожеж, в результаті яких загинуло 226 осіб, прямий матеріальний збиток становив 429 546 000 грн [2].

Резонансна пожежа сталася 8.06.2015 року в смт. Глеваха Васильківського району Київської області виникла пожежа на нафтобазі «БРСМ», на території якої зберігались бензин, дизельне паливо, мастило, суміш некондиційних фракцій нафтопродуктів та газ пропан загальною місткістю 28050 м³. Для гасіння пожежі було залучено 939 чоловік та 117 одиниць техніки, з яких 89 одиниць основної, 12 одиниць спеціальної та 16 одиниць допоміжної. Внаслідок пожежі нафтобаза була повністю знищена вогнем. Загинуло 6 осіб, (у тому числі 2 працівники нафтобази, 1 працівник Укрзалізниці та 3 працівники ДСНС), травмовано 16 осіб (у тому числі 4 працівника нафтобази та 12 працівників ДСНС). Також було знищено 2 пожежні автоцистерни, 1 автодрабина, 10 одиниць техніки пошкоджено.

Як відомо, ефективність гасіння значною мірою залежить від ефективності протипожежної техніки та пожежно-технічного обладнання, що застосовуються на пожежі. Основним засобом припинення горіння легкозаймистих та горючих рідин є повітряно-механічна піна. Аналіз технічних характеристик генераторів піни середньої кратності, які найбільш поширено застосовуються під час гасіння пожеж легкозаймистих і горючих рідин в Україні, свідчить, що дальність струменів такої піни не перевищує 6-8 м, а це значною мірою ускладнює гасіння як з точки зору ефективності припинення горіння, так і з точки зору безпеки пожежників. Відомі

генератори піни, в яких реалізовано ідею застосування кінетичної енергії струменів низької кратності для транспортування піни середньої кратності на гасіння пожежі, але такі генератори створювались, як правило, емпіричним шляхом без достатнього наукового обґрунтування їх параметрів.

Розкриття особливостей впливу формування струменів комбінованої піни низької та середньої кратності на вогнегасну здатність та дальність подавання під час припинення горіння легкозаймистих та горючих рідин є актуальною науковою задачею, розв'язання якої є підґрунтям створення генераторів такої піни з підвищеною вогнегасною ефективністю.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами та темами. Робота виконувалась відповідно до "Програми забезпечення пожежної безпеки на період до 2010 року", затвердженої постановою Кабінету Міністрів України № 870 від 01.07.2002 року; Концепції Державної цільової соціальної програми забезпечення пожежної безпеки на 2012-2015 роки, схваленої розпорядженням Кабінету Міністрів України № 2348 від 29.12.2010 року; Державної цільової соціальної програми забезпечення пожежної безпеки на 2012-2015 роки, затвердженої постановою Кабінету Міністрів України № 590 від 12.05.2012 року, у рамках виконання науково-дослідної роботи Львівського державного університету безпеки життєдіяльності «Проведення пошукових досліджень, щодо розроблення зарядів водних і водопінних вогнегасників та установок водяного і водопінного пожежогасіння» ДР №0107U001510; договору № 656/03-90/-ЦТех на створення науково-технічної продукції «Розробка пристрою для гасіння цистерн з горючими та легкозаймистими речовинами» між Львівським державним університетом безпеки життєдіяльності та Державною адміністрацією залізничного транспорту України, в яких здобувач був виконавцем.

Ідея – полягає у підвищенні ефективності припинення горіння легкозаймистих та горючих рідин шляхом застосування комбінованих струменів піни низької та середньої кратності, згенерованих із робочих розчинів

піноутворювачів для пожежогасіння генераторами піни ежекційного типу з науково-обґрунтованими параметрами.

Мета дисертаційної роботи. Метою дисертаційної роботи є розкриття впливу особливостей формування комбінованих струменів піни низької та середньої кратності, згенерованих із робочих розчинів піноутворювачів для пожежогасіння загального призначення піногенераторами ежекційного типу на ефективність припинення горіння легкозаймистих та горючих рідин.

Задачі дослідження. Для досягнення зазначеної мети необхідно було вирішити такі задачі:

– проаналізувати сучасний стан технологій гасіння пожеж пінами різної кратності та виявити шляхи підвищення ефективності припинення горіння легкозаймистих і горючих рідин;

– із застосуванням математичного моделювання провести теоретичні дослідження процесу взаємодії струменів повітряно-механічної піни різної кратності під час їх польоту;

– розробити методики та провести експериментальні дослідження з виявлення впливу геометричних параметрів сітки піногенератора на кратність піни, генерованої з робочих розчинів піноутворювачів для пожежогасіння загального призначення піногенераторами ежекційного типу;

– розробити методики та провести експериментальні дослідження з виявлення впливу кратності повітряно-механічної піни на її вогнегасну ефективність;

– обґрунтувати параметри зразків генераторів комбінованої піни та провести дослідження з визначення їх технічних характеристик в лабораторних, а також полігонних умовах;

– розробити комплект технічних документів на виготовлення та застосування генераторів комбінованої піни, провести техніко-економічну оцінку ефективності їх застосування.

Об’єкт дослідження – процеси припинення горіння легкозаймистих та горючих рідин у разі подавання струменів повітряно-механічних пін різної кратності

генераторами ежекційного типу, згенерованих з робочих розчинів піноутворювачів загального призначення.

Предмет дослідження – чинники впливу на ефективність процесів припинення горіння легкозаймистих та горючих рідин у разі подавання струменів повітряно-механічних пін різної кратності, згенерованих генераторами ежекційного типу з робочих розчинів піноутворювачів для пожежогасіння загального призначення.

Методи дослідження. У роботі використано комплексний метод досліджень, який включає: аналіз і узагальнення науково-технічних досягнень з питань розроблення і застосування вогнегасних речовин і технологій припинення горіння легкозаймистих і горючих речовин під час пожеж; математичне моделювання із застосуванням теоретичних основ аеро- та гідродинаміки механічних систем, а також чисельних методів розв'язування диференціальних рівнянь руху, методи математичної статистики.

Кратність піни, згенерованої з робочих розчинів піноутворювача загального призначення, визначали за стандартними методиками з використанням метрологічно атестованого обладнання та повірених засобів вимірювання. У полігонних умовах визначали дальність подавання струменів піни різної кратності, а також вогнегасну здатність повітряно-механічної піни різної кратності із застосуванням модельних вогнищ пожеж 1А та 55В.

Результати теоретичних і експериментальних досліджень обробляли з використанням статистичних методів і доказів адекватності розроблених математичних моделей із залученням комп'ютерної техніки з використанням стандартного додатку Microsoft Office Excel.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у розкритті особливостей впливу формування комбінованих струменів піни низької та середньої кратності на вогнегасну ефективність піногенераторів ежекційного типу під час припинення горіння легкозаймистих та горючих рідин. При цьому:

- *вперше* виявлено ефект синергізму ефективності припинення горіння легкозаймистих та горючих рідин у разі взаємодії поверхні їх горіння із комбінованою піною, який проявляється у тому, що значення показника вогнегасної здатності комбінованої піни є нижчим ($3,30 \text{ кг/м}^2$) за значення кожного окремого її компонента ($10,24 \text{ кг/м}^2$ та $4,00 \text{ кг/м}^2$ відповідно для піни низької та середньої кратності);

- *набуло подальшого розвитку* уявлення про доцільність використання енергії струменя піни низької кратності для транспортування піни середньої кратності на гасіння легкозаймистих та горючих рідин, що дозволяє забезпечити подавання комбінованої піни з усередненим значенням кратності (понад 60) на поверхню горіння легкозаймистих та горючих рідин на відстань до 24 м порівняно з 6-8 м в разі застосування лише струменя піни середньої кратності;

- *удосконалено* параметри генератора комбінованої піни підвищеної ефективності з розміщенням у його корпусі чотирьох генераторів низької кратності з витратою робочого розчину піноутворювача для гасіння пожеж загального призначення по 1,5 л/с кожний, та одного генератора піни середньої кратності з витратою 6 л/с, геометричних параметрів сітки піногенератора середньої кратності (діаметр дроту 0,6 мм та розмір квадратного вічка сітки 1,5 мм) та тиску подавання розчину піноутворювача для генерування піни (0,4-0,6 МПа для середньої кратності та 0,8-1,0 МПа – для низької).

Практичне значення одержаних результатів. За результатами теоретичних досліджень обґрунтовано та експериментально підтверджено схему розміщення чотирьох струменів піни низької кратності по відношенню до струменя середньої кратності, а також розроблено конструкцію та виготовлено зразки генераторів комбінованої піни підвищеної ефективності, які дають змогу ефективно припиняти горіння легкозаймистих та горючих рідин з відстані до 24 м порівняно з 6-8 м у разі застосування серійного зразка піногенератора типу ГПС-600.

Результати теоретичних та експериментальних досліджень впроваджено у виробництво Чернігівського колективного підприємства «Пожтехніка», а також на

ТОВ «Хладар-Техсоюз» шляхом виготовлення зразків генераторів комбінованої піни підвищеної ефективності за розробленими технічними умовами.

Зразки генераторів комбінованої піни із обґрунтованими за результатами дисертаційних досліджень параметрами впроваджено у практичну діяльність ГУ ДСНС України у м. Києві, де вони отримали позитивні відгуки.

Особистий внесок здобувача полягає у розробленні [3, 4, 5, 7, 13] та дослідженні [5, 7, 8, 9, 10, 11] експериментальних зразків комбінованої піни, дослідженні особливостей формування струменів, що генеруються в них [4, 11, 12, 13], а також в обґрунтуванні параметрів піногенераторів підвищеної ефективності. Здобувач брав безпосередню участь у впровадженні одержаних результатів дисертаційної роботи. За результатами проведених досліджень дисертант здійснив аналіз і сформулював основні висновки.

Апробація результатів роботи. Результати дисертаційних досліджень доповідались і отримали схвалення на 4 науково-практичних міжнародних конференціях: Міжнар. наук.-практ. конф. курсантів та студентів «Проблеми та перспективи розвитку забезпечення пожежної життєдіяльності» (Львів, 2008); IX Міжнар. наук.-практ. конф. «Пожежна безпека-2009» (Львів, 2009); 16 Всеукр. наук.-практ. конф. рятувальників (Київ, 2014); X Міжнар. наук.-техн. конф. «Проблеми екології та енергозбереження в суднобудуванні» (м. Миколаїв, 2015).

Публікації. За результатами виконаних досліджень опубліковано 11 наукових праць, серед яких 1 стаття у закордонному науковому періодичному виданні, 5 статей у наукових фахових виданнях України, 4 публікації у матеріалах наукових конференцій, а також 1 патент України на винахід.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТЕХНОЛОГІЙ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ ЛЕГКОЗАЙМИСТИХ І ГОРЮЧИХ РІДИН

1.1. Аналіз статистики пожеж з горінням легкозаймистих і горючих рідин та ефективності застосування вогнегасних речовин

Насиченість сучасного виробництва високоенергетичними, вибухопожежонебезпечними матеріалами значно підвищила пожежну небезпеку об'єктів промисловості. Забезпечення пожежної безпеки є досить складним соціально-економічним завданням, спрямованим на запобігання пожежам у всіх сферах діяльності людини та ліквідацію пожеж у випадку їх виникнення з мінімальними наслідками. Впровадження нових технологій, розвиток економіки постійно становлять нові проблеми перед системою забезпечення пожежної безпеки, функції якої доповнюються та розширюються, змінюючи тим самим структуру завдань щодо забезпечення її ефективності.

Статистичний аналіз пожеж на об'єктах зберігання, переробки та транспортування легкозаймистих та горючих рідин, проведений за останні 20 років [14], показав, що із 200 наймасштабніших пожеж, які призвели до значних матеріальних збитків та руйнувань, 92% відбулись у наземних та транспортних резервуарах. З них 26% пожеж у резервуарах із сировою нафтою, 49% із бензином і 24% - на резервуарах з мазутом, дизельним паливом та гасом. Інтенсивність тепловиділення при горінні ЛЗР та ГР у великих об'ємах є надзвичайно високою, що створює специфічні проблеми використання специфічних способів та засобів пожежогасіння.

Одним з найбільш важливих параметрів, що характеризує розвиток пожежі в резервуарі, є тепловий режим пожежі [15-26]. В залежності від фізико-хімічних властивостей горючих рідин, характер розподілу температур в об'ємі рідини може бути різним. Під час горіння гасу і дизельного пального значення температури експоненціально знижується від температури кипіння на поверхні до температури зберігання в глибинному шарі. Характер кривої розподілу температури горючої

рідини змінюється зі збільшенням тривалості горіння. Під час горіння мазуту, нафти, деяких видів газового конденсату і бензину в пальному утворюється гомотермічний шар, висота якого збільшується з плином часу. Лінійні швидкості вигорання та прогрівання нафти та нафтопродуктів багато в чому залежать від швидкості вітру, вмісту води в продукті, характеру руйнування покрівлі, організації охолодження стінок резервуара. Значення швидкостей вигорання та прогрівання горючих рідин, під час горіння яких утворюється гомотермічний шар з температурою вищою за 100°C . Із збільшенням швидкості вітру до 8-10 м/с швидкість вигорання горючої рідини збільшується на 30-50% [24,27].

Накопичення теплової енергії в пальному призводить до значного збільшення витрат пінних засобів на гасіння [26-28]. Крім цього, збільшення часу вільного розвитку пожежі збільшує небезпеку її розповсюдження на сусідні резервуари, сприяє виникненню факторів, що ускладнюють гасіння, утворює небезпеку спінювання та викиду і призводить до миттєвого руйнування резервуарів та розтікання ЛЗР та ГР на велику площу [28]. Спінювання горючої рідини відбувається приблизно через 60 хв після початку горіння при вмісті вологи в нафті (нафтопродукті) більше 0,3% внаслідок присутності в шарі нафти (нафтопродукту) емульгованої води, яка при прогріванні горючої рідини вище 100°C випаровується, а також може статися в початковий період пінної атаки при подаванні піни на поверхню горючої рідини, температура якої перевищує 100°C . Цей процес характеризується інтенсивним горінням спіненої маси продукту, збільшенням висоти полум'я в 2-3 рази і температури полум'я до 1500°C [16,21,24,26,27,28].

Пожежі у резервуарах з легкозаймистими та горючими рідинами у більшості ніж 60% супроводжувалися утворенням «кишень» [18], що суттєво ускладнювало гасіння пожежі подачею піни у палаючий резервуар зверху. "Кишені" можуть бути різної форми та площі і утворюються як на стадії виникнення пожежі внаслідок перекосу понтона, плаваючої покрівлі, часткового обрушення стаціонарної покрівлі, так і в процесі розвитку пожежі внаслідок деформації стінок. Стійкість резервуара, що горить, залежить від організації дій щодо його охолодження [25]. У разі

відсутності охолодження резервуара, що горить, протягом 5-15 хв стінка резервуара деформується до рівня наливу горючої рідини [29,30-32,34].

З метою аналізу специфічних причин, що ускладнює гасіння пожеж ЛЗГР, розглянемо найбільш характерні пожежі у резервуарах з нафтопродуктами.

8 червня 2015 року орієнтовно о 17.00 в смт. Глеваха Васильківського району Київської області виникла пожежа на нафтобазі «БРСМ», що належить ТОВ «Побутрембудматеріали». Резервуарний парк на момент пожежі складався з 17 вертикальних наземних резервуарів об'ємом 900 м^3 , 5 вертикальних наземних резервуарів об'ємом 400 м^3 , 12 горизонтальних наземних резервуарів об'ємом 75 м^3 , 53 горизонтальних об'ємом 50 м^3 . Крім того, на сусідній ділянці було додатково розміщено 8 вертикальних наземних резервуарів об'ємом 900 м^3 . Вертикальні наземні резервуари мали покрівлю конічної форми. Обвалування було влаштоване лише для групи з 17 горизонтальних резервуарів об'ємом 50 м^3 (на схемі групи 1, 3) та для групи з 5 вертикальних наземних резервуарів об'ємом 400 м^3 . Загалом на території нафтобази зберігались бензин, дизельне паливо, мастило, суміш некондиційних фракцій нафтопродуктів та газ пропан загальною місткістю 28050 м^3 (рис. 1.1).

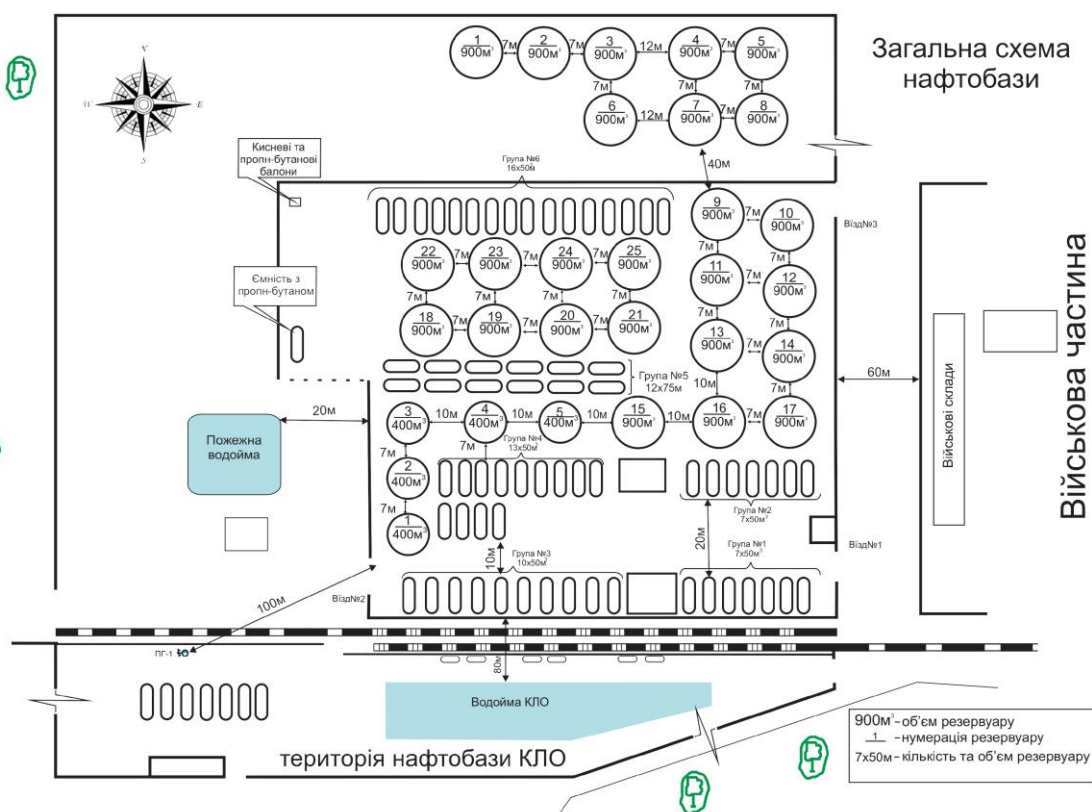


Рисунок 1.1 – Загальна схема нафтобази

О 17.35 з прибуттям на місце виклику пожежно-рятувальних підрозділів було виявлено горіння одного резервуара ємністю 900 м^3 та розлив ЛЗР на ґрунті між резервуарами з горінням на площі 300 м^2 . В результаті проведення розвідки було встановлено відсутність належного водопостачання, систем пожежогасіння та системи раннього виявлення надзвичайної ситуації. У зв'язку з відсутністю обвалування, щільним розташуванням резервуарів створювались умови їх швидкого прогріву, пошкодження та займання. Швидкому розповсюдженню пожежі також сприяли пізнє оповіщення, сильний вітер, велика завантаженість легкозаймистими та горючими рідинами внаслідок чого пожежа охопила більшість території нафтобази.

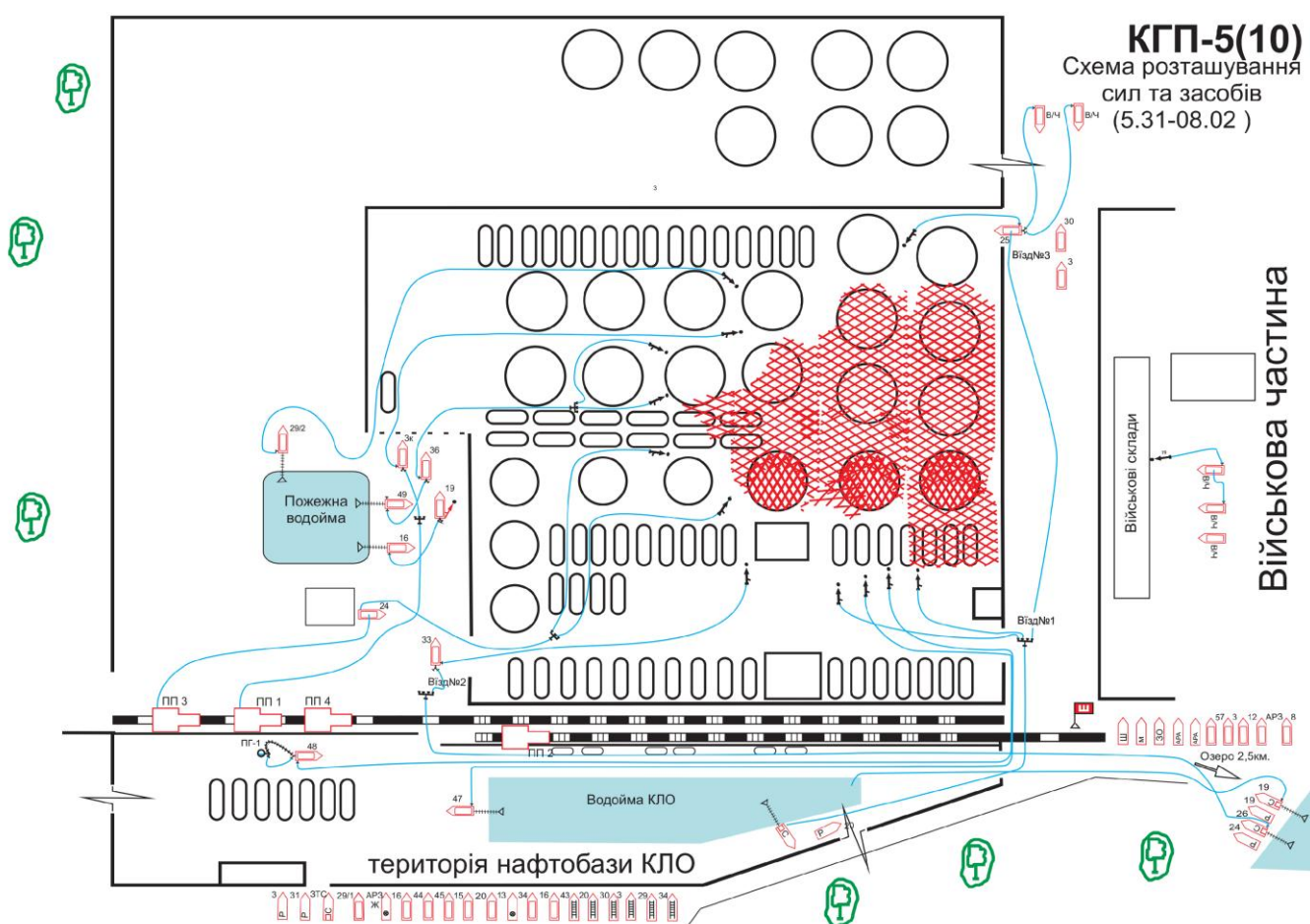


Рисунок 1.2 – Схема розташування сил і засобів на пожежі

Станом на 19.00 стався розлив ЛЗР з резервуара № 14 на площі близько 300 м^2 . Через відсутність обвалування виникла небезпека розлиття нафтопродукту по всій території нафтобази. Основні зусилля зосереджувалися на гасіння палаючих резервуарів шляхом проведення пінних атак, а також на захист та охолодження

розташованих поруч ємкостей з ЛЗР. Приблизно о 8 годині 9 червня внаслідок розповсюдження вогню здетонував резервуар № 21 об'ємом 900 м^3 та резервуари групи № 5 об'ємом 75 м^3 . Відбувся потужний вибух, після якого пожежа почала поширюватися в бік лісового масиву.

Станом на 17.00 9 червня вогнем було охоплено 2 резервуари (№№ 1, 2) об'ємом по 400 м^3 та 6 резервуарів (№№ 4, 5, 6, 7, 8, 9, 14, 25) об'ємом по 900 м^3 . Гасіння пожежі ускладнювалося загрозою перекидання вогню на територію розташованих поруч нафтобази «КЛЮ» та військової частини. О 12 год 00 хв 10 червня 2015 року особовим складом ДСНС розпочато пінну атаку. За допомогою пожежних автоцистерн та автодрабин було подано 4 ГПС-600 та 2 СПП-4 на гасіння резервуарів №№ 1, 2 об'ємом по 400 м^3 , №№ 6, 7, 8 об'ємом по 900 м^3 , 3 ПЛС-20 на охолодження резервуара № 3 об'ємом 400 м^3 та резервуарів №№ 12, 17 об'ємом по 900 м^3 .



Рисунок 1.3 – фото проведення пінної атаки при ліквідації пожежі на нафтобазі ТОВ «Побутрембудматеріали» («БРСМ»)

12 червня 2015 року розпочато пінну атаку, подано 4 ГПС-600 та 2 ПЛС-20 в результаті якої погашено один палаючий резервуар та продовжувалося охолодження двох резервуарів. Всього для проведення пінної атаки залучено 10 одиниць техніки та 45 чоловік особового складу. В результаті проведення пінної атаки пожежно-рятувальні підрозділи взяли під контроль 95% території об'єкта.

У період з 13 по 16 червня 2015 року відбувалося фітилювання з пошкодженої покрівлі резервуара № 9 та горіння ЛЗР, що витікало з тріщин в його нижній частині. У період до 20 червня проводилася роботи з обробки сорбентами розливів нафтопродуктів на поверхні пожежної водойми, водовідвідних траншеях та інших місцях на території нафтобази, здійснювалося протипожежне забезпечення робіт з перекачування залишків пально-мастильних матеріалів з пошкоджених резервуарів.

О 10 год 01 хв 20 червня 2015 року було оголошено про повну ліквідацію пожежі. Для гасіння пожежі було залучено 939 чоловік та 117 одиниць техніки, з яких 89 одиниць основної, 12 одиниць спеціальної та 16 одиниць допоміжної техніки. Внаслідок пожежі загинуло 6 осіб, у тому числі 2 працівники нафтобази, 1 працівник Укрзалізниці та 3 працівники ДСНС, травмовано 16 осіб (у тому числі 4 працівники нафтобази та 12 працівників ДСНС). Також було знищено 2 пожежні автоцистерни, 1 автодрабина, 10 одиниць техніки пошкоджено.

Велика пожежа відбулась на НПЗ компанії "Амоко" в Мілфорді (Великобританія) у резервуарі місткістю 100 тис. м³, заповненим наполовину сировою нафтою. Пожежа ускладнювалась тим, що резервуар не був обладнаний автоматичними засобами охолодження та гасіння, оскільки вважався пожежебезпечним. Ліквідувати пожежу на початковій стадії не вдалось. Тому здійснювалось відкачування нафти з резервуару. Тільки через 18 годин після початку пожежі був створений достатній для гасіння пожежі запас піноутворювача. Проте пінна атака проведена не була, оскільки відбулось сильне закипання нафти у резервуарі. Були пошкоджені рукава та інше пожежне обладнання. Через 2 години після цього відбулось друге кипіння нафти, а в середньому резервуарі під шаром піни відбулось запалювання парів. Ще через годину з'явилися ознаки третього закипання і було прийняте рішення негайно здійснити пінну атаку. Піна подавалась у зону горіння

чотирма моніторами і тільки через 7 годин вдалось зменшити інтенсивність горіння. Запобігання утворенню пінного шару сприяла висока температура, і тому пожежа була ліквідована тільки протягом 10 год. безперервного подавання піни. На гасіння пожежі витрачено понад 1 млн. л піноутворювача.

З досвіду гасіння пожеж у резервуарах впливає [31,33,35,36], що:

- автоматичні й стаціонарні установки пожежогасіння виходили з ладу на самому початку пожежі;
- гасіння здійснювалося пересувною пожежною технікою подачею піни через борт резервуара;
- гасіння ускладнювалося утворенням закритих просторів - "кишень" - у результаті деформації стінок і конструкцій резервуара при тривалому його горінні;
- гасіння пожежі вимагало зосередження значних сил, особового складу й техніки, час ліквідації пожеж становив десятки годин.

При гасінні пожеж резервуарів з паливом звичайно проходить 1-2 години, перш ніж вдається нагромадити сили й засоби для проведення пінної атаки. В 25% випадків достатня кількість сил і засобів вдається зібрати тільки через 12 годин [26,31,35,37,38,40,41]. Це зволікання сприяє утворенню гомотермічного шару, що може виникати при пожежі резервуара з бензином з температурою 700-800°C. При цій температурі плівкоутворювальна піна стає неміцною й руйнується [38,39]. У результаті затримки кількість піни, необхідна для атаки, подвоюється.

Найбільш ефективним засобом зменшення наслідків явища закипання та викиду ЛЗГР є комбінована подача піни середньої кратності в зону горіння з одночасним охолодженням бічних стінок резервуара з метою запобігання поширенню гомотермічного шару в глибину ЛЗГР.

Поширеними є також пожежі при транспортуванні ЛЗГР. Залізничний транспорт є основним способом перевезення вантажів на великі відстані. Їх частка становить біля 70% всіх наземних перевезень. Упродовж 2010-2014 років на підприємствах залізничного транспорту України зареєстровано 98 пожеж. Загальні матеріальні збитки від яких становили 23 815,6 тис. грн, з них прямі – 8 920,6 тис. грн, побічні – 14 894,8 тис. грн [42]. Пожежній безпеці зливо-наливних естакад присвячені роботи Волкова

О.М., Проскуракова Г.А. [24], локалізації і ліквідації пожеж на рухомому складі і об'єктах залізничного транспорту – роботи Юхимчука С.В., Кацмана М.Д. [43-46].

Основними причинами надзвичайних ситуацій з ЛЗР та ГР є:

- пошкодження корпусу цистерни при зіткненні, відмова запірної арматури цистерни;
- сходження цистерни з рейок з наступним виливом її вмісту;
- розгерметизація та зрив кутового вентиля цистерни;
- розгерметизація трубопроводу, що з'єднує цистерну та резервуар на зливо-наливній естакаді.

Показовою є пожежа, яка сталася 16 липня 2007 р. на Львівській залізниці в Львівській області біля с. Ожидів. Під час руху 15 цистерн з жовтим фосфором зійшли з колії. Внаслідок аварії, через розгерметизацію ємностей, при контакті фосфору з повітрям, сталася пожежа 6 цистерн. Виникла загроза глобальної техногенної катастрофи, що могла призвести до численних людських жертв та значних матеріальних витрат. Тільки прямі збитки від пожежі становили близько 40 млн. грн, було травмовано 192 особи, в т.ч. 14 працівників МНС України. В ході ліквідації пожежі в перші ж години від пожежного поїзда ст. Здолбунів прокладено магістральну лінію та використано піногенератори ГПС – 600 та ПЛСК-700 в складі ланки пожежних ГДЗС в костюмах Л-1 на гасіння палаючих цистерн. Через 5 годин пожежу було локалізовано. Площа пожежі на момент локалізації складала 900 м².

Схожа пожежа відбулася 22.08.2014 року на залізничній станції Городище, де з рейок зійшли 28 вагонів, з яких 25 цистерн з сировою нафтою. Внаслідок розгерметизації відбулося розтікання нафти із її подальшим загоранням. В ліквідації пожежі приймали участь 37 одиниць техніки та 236 чоловік особового складу ДСНС України, 2 пожежні поїзди та 23 співробітники воєнізованої пожежної охорони залізниці. Пожежею знищено 2 промислові будівлі, 4 житлові будинки та частково пошкоджені 11 житлових будинків. Загальний збиток залізниці становить 2 790 тис. грн.

Таким чином, можна зробити висновок, що найбільш ефективним мобільним засобом гасіння пожеж ЛЗР та ГР та проведення пожежно-рятувальних робіт є

генератори піни середньої кратності. Проте, основним їх недоліком є недостатня дальність та висота подачі піни середньої кратності до осередку пожежі.

1.2. Піноутворювачі, що використовуються для гасіння пожеж ЛЗР та ГР

Вогнегасна ефективність піни, що утворюється з робочих розчинів піноутворювачів, залежить від багатьох факторів, зокрема, від природи поверхнево-активної основи піноутворювача, наявності та природи модифікуючих добавок, а також кратності і стійкості піни. Як відомо, піноутворювачі загального призначення можуть використовуватись для отримання піни низької, середньої та високої кратності. Під час гасіння пожеж найчастіше використовують піну середньої кратності, рідше - піну низької кратності. Піну високої кратності застосовують для гасіння пожеж об'ємним способом. Вогнегасна ефективність піни низької кратності у 2-5 разів нижча за вогнегасну ефективність піни середньої кратності. Однак піна низької кратності може подаватися на більші відстані і має більш високу здатність до розтікання, ніж піна середньої кратності, у багатьох випадках доцільніше використовувати саме піну низької кратності. Нижча ефективність піни низької кратності зумовлює необхідність збільшення інтенсивності подавання робочих розчинів піноутворювачів у разі гасіння піною низької кратності порівняно з випадком гасіння піною середньої кратності [47-53].

В наш час на ринку України можна знайти такі піноутворювачі:

Піноутворювачі загального призначення:

- "Пірена-1", "Пірена-2", "Пірена-3", "Пірена-4" (ТОВ НВП "Пірена"), що виробляються згідно з ТУ У 24.6-20166240-002:2010 Піноутворювачі загального призначення для гасіння пожеж типу "Пірена". Піноутворювачі "Пірена-1", "Пірена-2", "Пірена-3" відрізняються морозостійкістю (температура застигання не вище ніж $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ і $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, відповідно). Піноутворювач "Пірена-4" відрізняється підвищеними показниками кратності і стійкості піни середньої кратності;
- "Софір" (ТОВ "Союз ЛТД"), що виробляється згідно з ТУ У 24.6-32440539-003:2005 Піноутворювач загального призначення для гасіння пожеж "Софір";

- "Альпен" (ТОВ "Альхім"), що виробляється згідно з ТУ У 24.6-32740136-001:2006 Піноутворювач загального призначення для гасіння пожеж "Альпен". Піноутворювач спеціального призначення для гасіння пожеж з використанням морської води "Альпен-М", що виробляється згідно з ТУ У 24.6-32740136-002:2012 Піноутворювач спеціального призначення для гасіння пожеж "Альпен-М";

- "ПО-6Б", "ПО-3Б" (ПП "Бар'єр"), що виробляються згідно з ТУ У 24.6-21859815-002-2004 Піноутворювач "ПО-6Б" та ТУ У 24.6-21859815-003-2004 Піноутворювач "ПО-3Б";

- "Sthamex f-15" ("Dr. Sthamer", Німеччина);

- Ругосол В 6 % (фірма "Orchidee International GmbH", Німеччина).

Піноутворювачі спеціального призначення:

- ✓ фторсинтетичні плівкоутворювальні піноутворювачі (піноутворювачі типу "АFFF"), наприклад, "Fomtec AFFF 3% S", (фірма "Dafo Fomtec AB" (Швеція), "Ругосол АFFF" 1 %, 2%, 6% (фірма "Orchidee International GmbH", Німеччина), "SOFIR AFFF 6%", "SOFIR AFFF AR 6%" (ТОВ "Фірма Союз ЛТД" Харків), "АFFF-106" (ТОВ "Марко Лтд"), "Sthamex AFFF" (фірма "Dr. Sthamer", Німеччина), "TRIDOL 6-10°C" (фірма "Eau et Feu a. s.", Франція), "FC-203", "FC-3017", "ThunderStrom FC-601A АТС-АFFF" 1%, "ThunderStrom FC-601A АТС -АFFF" 6% (фірма "Williams Fire & Hazard Control", США);

- ✓ фторсинтетичні плівкоутворювальні піноутворювачі, призначені для гасіння неполярних і полярних горючих (легкозаймистих) рідин (піноутворювачі типу "АFFF АR"), наприклад "FC-602" (фірма "Williams Fire & Hazard Control", США), "S.F.P.M." (фірма "Eau et Feu a.s.", Франція), „Ругосол АFFF/АТС” (фірма "Ругосол a. s.", Чехія);

- ✓ протеїнові піноутворювачі (піноутворювачі типу "Р"), наприклад. "FP 70", "Polydol" (фірма "Eau et Feu a.s.", Франція), "Рготал-Р 6" (фірма „Ргоfoam”, Італія);

- ✓ фторпротеїнові піноутворювачі, призначені для гасіння неполярних горючих (легкозаймистих) рідин (піноутворювачі типу "FP"), наприклад, "Proflon-FP

б" (фірма "Profoam", Італія);

✓ фторпротеїнові піноутворювачі, призначені для гасіння неполярних і полярних горючих (легкозаймистих) рідин (піноутворювачі типу "FP AR"), наприклад, "Fluoropolydol" (фірма "Eau et Feu a.s.", Франція), "Provex AR 3-3" (фірма "Profoam", Італія);

✓ фторпротеїнові плівкоутворювальні піноутворювачі, призначені для гасіння неполярних горючих (легкозаймистих) рідин (піноутворювачі типу "FFFFP"), наприклад, "Petrofilm" (фірма "Eau et Feu a.s.", Франція);

✓ фторпротеїнові плівкоутворювальні піноутворювачі, призначені для гасіння неполярних і полярних горючих (легкозаймистих) рідин (піноутворювачі типу "FFFFP AR"), наприклад, "Polyfluidol", "Polypetrofilm" (фірма "Eau et Feu a.s.", Франція);

✓ синтетичні вуглеводневі піноутворювачі, призначені для гасіння неполярних і полярних горючих (легкозаймистих) рідин (піноутворювачі типу "S AR"), наприклад, "Pro sintex AR 3" (фірма "Profoam", Італія);

✓ синтетичні вуглеводневі піноутворювачі, призначені для гасіння твердих горючих матеріалів, наприклад, "M51" (фірма "Eau et Feu a. s.", Франція);

✓ синтетичні вуглеводневі піноутворювачі, призначені для гасіння лісових пожеж, наприклад, "Файрекс" (ОАО "Ивхимпром", Росія), "Forexpan" (фірма "Eau et Feu a. s.", Франція);

✓ синтетичні вуглеводневі піноутворювачі, придатні до застосування з морською водою, наприклад, "Морпен" (ООО "СПО Щит", ООО "Завод моющих средств", Росія), "Expan dol" (фірма "Eau et Feu a. s.", Франція);

Складові піноутворювачів спеціального призначення розробляються таким чином, щоб надати їм бажаних та необхідних властивостей [48,50-52,55]. Це може бути підвищена стійкість піни до зневоднювання, зниження швидкості її руйнування під дією неполярних і (або) полярних рідин чи теплового випромінювання полум'я та нагрітих металевих конструкцій, підвищення морозостійкості, забезпечення придатності до застосування з морською водою, можливість утворення плівки на поверхні горючих (легкозаймистих) рідин тощо.

Приблизно у половині випадків гасіння пожеж піноутворювачі використовуються для приготування змочувальних розчинів, а в інших випадках – для генерування повітряно-механічної піни [53,54,56]. Змочувальні розчини піноутворювачів застосовуються замість води для гасіння твердих горючих матеріалів, у разі їх застосування швидкість і надійність гасіння підвищуються. Найбільш доцільно застосовувати змочувальні розчини у разі гасіння пористих матеріалів (торфу, вати, тирси тощо), змочування яких водою без добавок поверхнево-активних речовин ускладнюється. Натомість проникнення змочувального розчину у пори матеріалу прискорює його гасіння і знижує імовірність повторного займання, оскільки вірогідність того, що у матеріалі залишилися осередки тління, суттєво знижується [48,49,55,57,58].

1.3. Аналіз тактико-технічних можливостей генераторів піни різної кратності

1.3.1. Генератори піни низької кратності

Для генерування піни низької кратності із робочих розчинів піноутворювача загального та спеціального призначення використовуються повітряно-пінні стволи, виготовлені відповідно до ДСТУ 2107-92 [47,59,63].

Таблиця 1.1 – Основні ТТХ переносних водопінних та повітряно-пінних стволів

№ з/п	Тип ствола	Кратність	Q_n $м^3/хв$	H_m , кгс/с $м^2$	$L_{струменю}$, М	Приєднув. головка, мм
1	СПП-2	8	2	6	15	50
2	СПП-4	8	4	6	18	70
3	СПП-8	8	8	6	20	80
4	СПП	10	4	4÷6	28	70
5	СВПР	$20^{±10}$	$Q_{p-ny} ≥ 4,8$ л/с	4÷6	22	70

Для подавання піни низької кратності також можуть застосовуватись стаціонарні лафетні стволи, а для гасіння проливів в обвалуванні – повітряно-пінні та ручні водопінні стволи [47,60,61,63].

Таблиця 1.2 – Основні тактико-технічні характеристики лафетних стволів

№ з/п	Тип ствола	К – для розрахунків	Q _{р-ра} , л/с при Н _м =8 кгс/см ³	Н _м , кгс/см ²	L _{струї} ,	Приєднув. розмір
1	ПЛС-П20; ПЛС-С20	10	20	6÷10	50	2x80
2	СЛК-С20; СЛК-Г20	10	20	6÷10	45	2x80
3	СЛК-С40	10	40	6÷10	40	100
4	ПЛС-С60 ПЛС-В60	10	60	6÷10	40	100 і 6x80
5	СЛК-С60 СЛК-В60	10	67	6÷10	40÷45	100 і 6x80



СЛК-П20

СЛК
С60

ЛС-С20У

Рисунок 1.4 – «ЭФА» – ЛСД-С60У

Технічні характеристики: робочий тиск: 0,6-1,0МПа; витрата при Р = 0,8 МПа – 60 л/с; дальність струменя при Р = 0,8 МПа: прямої, розпиленої – 80 м, розпилена з факелом 30° – 50 м, для піни низької кратності –70 м.

Особливості: формує розпилену воду і піну JF, розпилена – туман, повне управління струменем, що летить, від прямої до захисного екрана 90°. Висока швидкість наведення в дистанційному і ручному режимах – 9°/с і знижена для гасіння – 5°/с. тиск на вході 0,8 МПа; кратність піни 30; витрата піноутворювача 7,2 л/с; довжина 1310 мм; ширина 1242 мм; висота 680 мм; маса 95 кг.



Рисунок 1.5 – Ствол пожежний лафетний ЛС-П20У

Переносний ствол на тринозі. Призначений для формування потоку розпиленої маси вогнегасної речовини "JF" (Jet Fog - туман, що летить), з кутом розпиленості, що змінюється, від прямого кумулятивного струменя до захисного екрана (90 град.). Конструкція відлита з алюмінієвих сплавів. Ствол застосовується для гасіння пожеж, охолодження будівельних конструкцій, осадження хмар отруйних або радіоактивних газів, пари і пилу. Випускаються відповідно до вимог ГОСТ Р 51115-97, НПБ 159-97 і ТУ 4854-003-16820082-2001.

Завдяки розвитку сучасних технологій для подачі піни тепер також використовується пожежний робот автоматичного пожежогасіння.



Рисунок 1.6 – «Кобра»-ЛСДп-С40У-ИК

Технічні характеристики: робочий тиск: 0,4-08 МПа; витрата при $P = 0,6$ МПа – 40 л/с; дальність струменя при $P = 0,6$ МПа: прямої, розпиленої – 60 м, розпилена з

факелом 30° – 40 м, для піни низької кратності – 54 м, два інфрачервоних пожежних датчики.

Особливості: формує розпилену воду і піну «JF», управління струменем від прямої до 90° і від безперервного струменя до подачі переривистими зарядами, управління швидкістю переміщення від 1 до 9°/с, автоматичне наведення і пожежогасіння.

1.3.2. Генератори піни середньої кратності

Для отримання піни середньої кратності використовуються піногенератори “ГПС-200”, “ГПС-600”, “ГПС-2000” [47,61,63]. Під час подавання піни середньої кратності піногенератори типу “ГПС” встановлюються в місцях, які виключають вплив на них полум’я та газоподібних продуктів горіння. В табл. 1.3 наведено основні характеристики піногенераторів типу “ГПС”.



Рисунок 1.7 – Генератори піни середньої кратності

Таблиця 1.3 – Основні ТТХ піногенераторів типу “ГПС”

Піногенератори	Тиск перед розпилювачем, МПа	Витрати розчину ПУ, дм ³ /с	Кратність піни	Витрати ПУ при його концентрації у розчині 6%, дм ³ /с	Витрати води при концентрації ПУ 6%, дм ³ /с	Габарити			Вага, кг	Дальність подавання пінного струменя, м
						Діаметр пакету сіток, мм	Довжина, м			
ГПС-200	0,6	2	70-100	0,12	1,88	183	0,5		2,5	6-8
ГПС-600	0,6	6	70-100	0,36	5,64	309	0,7		5	6-8
ГПС-2000	0,6	20	70-100	1,2	18,8	650	1,5		25	6-8

1.3.3. Генератори комбінованої піни середньої та низької кратності

Для гасіння складних пожеж легкозаймистих та горючих рідин також використовуються піногенератори комбінованого гасіння, які призначені для отримання і подачі розпиленої води і піни низької та середньої кратності на великі відстані [47]. До них належать:



Рисунок 1.8 – УКТП «Пурга 5»

Призначення: отримання і подача розпиленої води і піни низької і середньої кратності. Технічні характеристики: продуктивність по воді 5-6 л/с, по піні 21000 л/хв.; струмінь піни 20-25 м; тиск на вході 0,8 мПа; кратність піни 70; витрата піноутворювача 0,36 л/с [47,64,66].



Рисунок 1.9 – УКТП «Пурга 7»

Призначення: отримання і подача розпиленої води і піни низької і середньої кратності. Технічні характеристики: продуктивність по воді 7 л/с, по піні 29400 л/хв.; струмінь піни 30 м; тиск на вході 0,8 мПа; кратність піни 70; витрата піноутворювача 0,4 л/с [64].



Рисунок 1.10 – Генератор BLIZZARD 350 «PYROCOOL»

Призначення: отримання і подача розпиленої води і піни низької і середньої кратності. Технічні характеристики: продуктивність по воді 6,8 л/с, по піні 16000 л/хв.; струмінь піни 40 м; тиск на вході 0,8 мПа; кратність піни 40; довжина 673 мм; ширина 314 мм; висота 400 мм; маса 40-50 кг [47,65].



Рисунок 1.11 – УКТП «Пурга 10.10.20»

Призначення: отримання і подача розпиленої води і піни низької і середньої кратності. Технічні характеристики: продуктивність по воді 20 л/с, по піні 48000 л/хв.; струмінь піни 35 м; тиск на вході 0,8 мПа; кратність піни 40; витрата піноутворювача 1,6 л/с; довжина 980 мм; ширина 610 мм; висота 445 мм; маса 40-50 кг [47,64,66].



Рисунок 1.12 – Генератор BLIZZARD 2000 «PYROCOOL»

Призначення: отримання і подача розпиленої води і піни низької і середньої кратності та подачі її на великі відстані. Технічні характеристики: продуктивність по воді 34 л/с, по піні 40000 л/хв.; струмінь піни 45 м; тиск на вході 0,8 мПа; кратність піни 20; витрата піноутворювача 1,6 л/с; довжина 820 мм; ширина 610 мм; висота 320 мм; маса 20 кг [47, 65].

На базі Львівського державного університету безпеки життєдіяльності розроблений комбінований генератор піни середньої кратності ПЛСК – 700 [67-72].



Рисунок 1.13 – Комбінований генератор піни ПЛСК-700

Призначення: отримання і подача розпиленої води і піни низької і середньої кратності. Технічні характеристики: продуктивність по воді 13,16 л/с, по піні 44000 л/хв.; струмінь піни 25-30 м; тиск на вході 0,8 мПа; кратність піни 40; витрата піноутворювача 0,84 л/с; довжина 890 мм; ширина 600 мм; висота 630 мм; маса 40-45кг.

Виходячи з конструктивних та технологічних характеристик установки комбінованого генерування піни середньої та низької кратності ПЛСК-700, можна відзначити такі переваги даного піногенератора порівняно з існуючими аналогами:

- висока дальність подачі пінного струменя, що перевищує відомі аналоги (ГПС-600 - у 4-5 разів, “Пурга 10.10.20” – в 1,3 - 1,5 рази);

- підвищена кратність генерованої піни (приблизно у 2 рази вище, ніж в установці “Пурга 10.10.20”);

- висока маневреність та компактність установки ПЛСК-700, що забезпечується встановленням її на пересувний лафет;

- модульний принцип конструювання установки, що дає змогу швидкого приєднання водяних насадок для подачі компактних та емульсованих струменів води для охолодження бічних поверхонь резервуару з палаючими ЛЗР та ГР з метою запобігання інтенсивного зростання гомотермічного шару і уникнення викиду та спінювання ЛЗР та ГР;

- тактична мобільність у використанні установки ПЛСК-700, що забезпечується як сумісною подачею піни середньої та низької кратності, так і їх роздільною подачею;

– підвищена безпека роботи пожежних як наслідок більшої довжини пінного струменя, а відтак і більш віддаленої позиції базування ПЛСК-700 від епіцентра пожежі і зон, що можуть бути накриті викидами ЛЗР та ГР;

– зменшена кількість пожежних, що працюють зі стволом, до 1 особи, що підвищує в 2-3 рази озброєність пожежних;

– можливість дистанційного керування пожежним стволом у разі небезпеки наближення установки до зони горіння ЛЗР та ГР;

– наявність телескопічного фіксатора ствола, що забезпечить високу швидкість бойового розгортання установки.

Для ліквідації пожеж особливо великих розмірів також використовуються стаціонарні піногенератори комбінованого гасіння виробництва ЗАО НПО «Сопот»:



Рисунок 1.14 – «Пурга 20.60.80»

Технічні характеристики: продуктивність по воді 80 л/с, по піні 144000 л/хв.; струмінь піни 70 м; тиск на вході 0,8 МПа; кратність піни 30; витрата піноутворювача 4,8 л/с [47,64,66].



Рисунок 1.15 – «Пурга 10.80.90»

Технічні характеристики: продуктивність по воді 90 л/с, по піні 162000 л/хв.; струмінь піни 80 м; тиск на вході 0,8 МПа; кратність піни 30; витрата піноутворювача 5,0 л/с [47,64,66].



Рисунок 1.16 – «Пурга 200-240»

Технічні характеристики: продуктивність по воді 200 л/с, по піні 360000 л/хв.; струмінь піни 90-100 м; тиск на вході 1,0-1,2 МПа; кратність піни 30; витрата піноутворювача 12,0 л/с; довжина 1310 мм; ширина 1540 мм; висота 680 мм; маса 120 кг [47,64,66].



Рисунок 1.17 – УКТП «Пурга 120»

Призначення: отримання і подача розпиленої води і піни низької і середньої кратності. Технічні характеристики: продуктивність по воді 120 л/с, по піні 216000 л/хв.; струмінь піни 100 м [47,64,66].

Попри зручність використання стаціонарних піногенераторів, їх застосування не завжди можливе через складність доставки до місця пожежі.

Отже, використання генераторів піни низької кратності в практиці гасіння резервуарів з ЛЗГР не є ефективним внаслідок необхідності великої інтенсивності подачі розчину піноутворювача, а також через жорсткі вимоги до нанесення піни на поверхню пального (для запобігання ефекту “занурювання піни”). Тому вважається найбільш ефективним гасіння пожеж ЛЗР та ГР за допомогою піни середньої кратності, що отримується з ежекційних генераторів типу ГПС. Так, наприклад, згідно з британським стандартом BS 5306, тривалість подачі піни в обвалування при гасінні пожежі ЛЗГР повинна становити не менше 15 хв при середній кратності піни і не менше 60 хв для низько кратної піни [73]. Проте подача піни середньої кратності з мобільних засобів пожежогасіння є недостатньо ефективною внаслідок малої віддалі,

на яку ця піна може бути подана, якщо користуватись традиційними піногенераторами, що знаходяться на озброєнні пожежних підрозділів. Тому найбільш перспективним напрямком наукових досліджень у даній галузі вважається напрям комбінованого гасіння пожежі ЛЗГР.

1.4. Аналіз світових досягнень з питань розроблення засобів пінного гасіння

Значний внесок у вивчення природи та динаміки пінних струменів внесли такі відомі вчені, як М.В. Казаков, І.І. Петров, В.Ч. Реут, В.А. Меркулов, В.В., Пешков, Д.Г. Білкун, С.Ю. Лебедев, О.Ф. Шароварников, М.П. Копилов, А.В. Антонов, В.О. Боровиков, М.В. Білошицький, О.Д. Навроцький, В.В. Ковалишин, В.І. Луц та інш.[14,15,18,25,48-51,54,56,74-86].

В роботі Луца В.І. [73] розроблені математичні моделі динамічних процесів, що відбуваються під час взаємодії струменів повітряно-механічної піни різної кратності. Взаємодія між струменями відбувається при виконанні певної умови. Цією умовою є вертикальна відстань між обома струменями, якщо між струменями є зазор то контакту немає і навпаки. Цю ділянку назвемо першою фазою окремого польоту. Перша фаза польоту закінчується падінням струменя піни середньої кратності на струмінь (струмені) піни низької кратності із-за різниці їхніх початкових швидкостей ($v_{01} < v_{02}$). Цей момент і є початком другої фази – фази взаємодії струменів між собою. В цій фазі польоту відбувається обмін кінетичними енергіями струменів. Струмін з більшою енергією гальмується струменем з меншою енергією, завдяки чому струмінь з меншою енергією розганяється. Енергетичний обмін між струменями призводить до усереднення траєкторій – збільшення дальності польоту піни середньої кратності завдяки зменшенню дальності польоту струменя низької кратності. Однак, як показують експериментальні дослідження, існує третя фаза – окремого польоту струменів, коли струмінь піни середньої кратності падає нижче від струменя піни низької кратності.

1.5. Ідея, мета і задачі досліджень

Аналіз статистики пожеж за 2005-2014 роки показав, що для ліквідації пожеж ЛЗР і ГР підрозділами ДСНС генератори піни середньої кратності використовувались 72% пожеж. Проте аналіз тактико-технічних характеристик даних піногенераторів свідчить про обмеженість поєднання дальності подачі піни з високою кратністю. Збільшення кратності підвищує ефективність припинення горіння, але викликає необхідність пожежного наблизитися до осередку пожежі у зв'язку із зменшенням довжини струменя. Збільшення довжини струменя призводить до зменшення кратності піни, що викликає зменшення ефективності гасіння пожежі.

Ідея роботи полягає у підвищенні ефективності припинення горіння легкозаймистих та горючих рідин шляхом застосування комбінованих струменів піни низької та середньої кратності, згенерованих із робочих розчинів піноутворювачів для пожежогасіння генераторами піни ежекційного типу з науково-обґрунтованими параметрами.

Метою дисертаційної роботи є розкриття впливу особливостей формування комбінованих струменів піни низької та середньої кратності, згенерованих із робочих розчинів піноутворювачів для пожежогасіння загального призначення піногенераторами ежекційного типу на ефективність припинення горіння легкозаймистих та горючих рідин.

Для досягнення зазначеної мети необхідно було вирішити наступні задачі:

- проаналізувати сучасний стан технологій гасіння пожеж пінами різної кратності та виявити шляхи підвищення ефективності припинення горіння легкозаймистих і горючих рідин;

- із застосуванням математичного моделювання провести теоретичні дослідження процесу взаємодії струменів повітряно-механічної піни різної кратності під час їх польоту;

- розробити методики та провести експериментальні дослідження з виявлення впливу геометричних параметрів сітки піногенератора на кратність піни,

генерованої з робочих розчинів піноутворювачів для пожежогасіння загального призначення піногенераторами ежекційного типу;

– розробити методики та провести експериментальні дослідження з виявлення впливу кратності повітряно-механічної піни на її вогнегасну ефективність;

– обґрунтувати параметри зразків генераторів комбінованої піни та провести дослідження з визначення їх технічних характеристик в лабораторних, а також полігонних умовах;

– розробити комплект технічних документів на виготовлення та застосування генераторів комбінованої піни, провести техніко-економічну оцінку ефективності їх застосування.

РОЗДІЛ 2

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВЗАЄМОДІЇ СТРУМЕНІВ ПОВІТРЯНО-МЕХАНІЧНОЇ ПІНИ РІЗНОЇ КРАТНОСТІ ПІД ЧАС ЇХ ПОЛЬОТУ

2.1. Математична модель процесу взаємодії струменів повітряно-механічної піни

Метою побудови математичної моделі процесу взаємодії струменів повітряно-механічної піни різної кратності є дослідження процесу переміщення в повітрі похилих гідравлічних струменів. Траєкторією таких струменів є парабола (рис. 2.1) [73,87,89-93], а розрахунки базуються на інтегруванні рівнянь руху матеріальних точок з врахуванням опору середовища. У нашому випадку, у випадку взаємодії одного струменя повітряно-механічної піни (в подальшому просто піни) середньої кратності (80 – 100) та декількох (чотирьох) струменів піни низької (6 – 8) кратності слід також врахувати сили, які виникають внаслідок взаємодії струменів між собою.

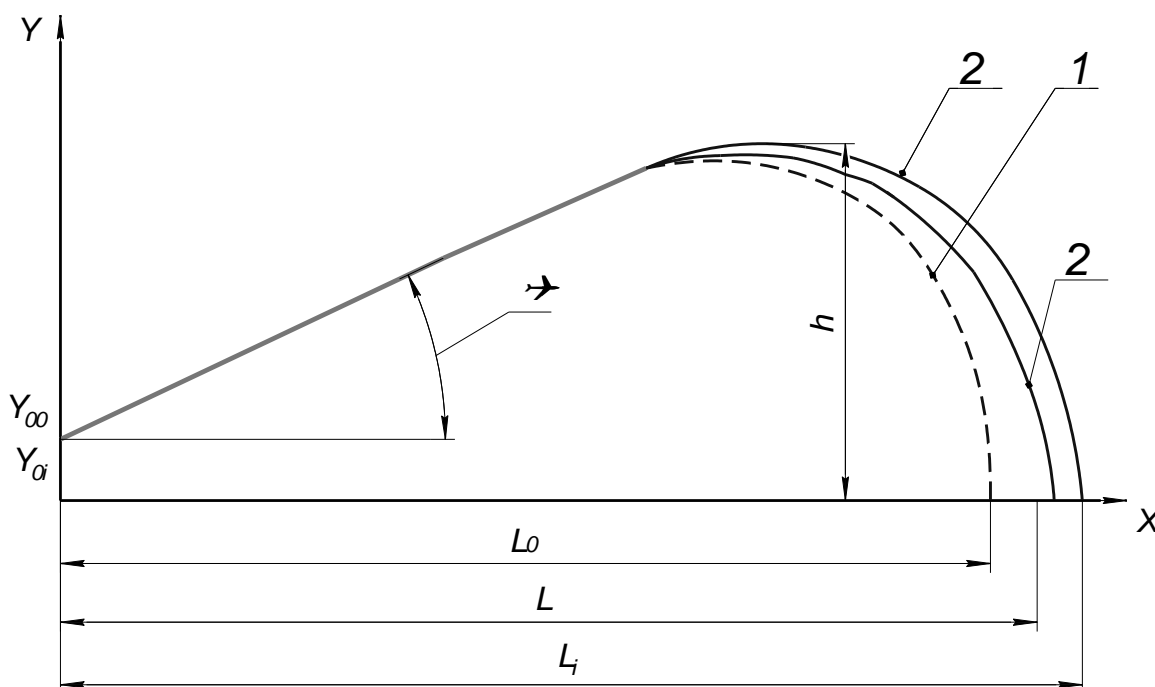


Рисунок 2.1 – Параболічна траєкторія польоту пінних струменів різної кратності

2.1.1. Дослідження вертикальних струменів піни при довільній залежності сили опору від їх швидкостей та сили взаємодії струменів від різниці їх швидкостей

Для спрощення процесу розглянемо частковий випадок, коли кут нахилу струменя до горизонту $\Theta=90^\circ$, тобто струмені є вертикальними (рис. 2.2).

Класично, при дослідженні вертикальних струменів, використовують емпіричні формули Люгера та Фрімана [73,87,88,91,92], які побудовані на основі експериментальних досліджень та дозволяють знайти втрати напору. Ми ж будемо задаватись не виразами втрат напору, а силою опору руху, як функцією швидкості потоків. Швидкість визначиться розв'язком диференціального рівняння Бернуллі, що збігається з рівнянням руху кинутої вертикально в верх матеріальної точки. Розглянемо для початку загальний випадок, коли сили опору повітря переміщенню трьох струменів (F_{on0} , F_{on1} , F_{on2}) та сила взаємодії струменів між собою (F_{ec1} , F_{ec2}) є деякими неперервними функціями швидкості v , тобто:

$$F_{on0} = F_{on0}(v_0), \text{ причому } F_{on0}(0) = 0;$$

$$F_{on1} = F_{on1}(v_1), \text{ причому } F_{on1}(0) = 0;$$

$$F_{on2} = F_{on2}(v_2), \text{ причому } F_{on2}(0) = 0;$$

$$F_{ec1} = F_{ec}(v_1 - v_0), \text{ причому } F_{ec1}(0) = 0;$$

$$F_{ec2} = F_{ec}(v_2 - v_0), \text{ причому } F_{ec2}(0) = 0;$$

Щоб скласти диференціальне рівняння руху, розглянемо (рис. 2.2) динамічну рівновагу елемента струменів різної кратності довжиною dy в напрямку вертикальної осі OY . Вона виражається рівняннями:

$$\begin{aligned} \left(p_0 + \frac{\partial p_0}{\partial y} dy \right) \omega_0 + F_{on0} + F_{i0} + G_0 + F_{ec1} + F_{ec2} - p_0 \omega_0 &= 0 \\ \left(p_1 + \frac{\partial p_1}{\partial y} dy \right) \omega_1 + F_{on1} + F_{i1} + G_1 + F_{ec1} - p_1 \omega_1 &= 0 \\ \left(p_2 + \frac{\partial p_2}{\partial y} dy \right) \omega_2 + F_{on2} + F_{i2} + G_2 + F_{ec2} - p_2 \omega_2 &= 0 \end{aligned} \quad , \quad (2.1)$$

де:

$$\begin{aligned}
G_0 &= \rho_0 g \omega_0 dy; \\
G_1 &= \rho_1 g \omega_1 dy; \\
G_2 &= \rho_2 g \omega_2 dy; \\
F_{on0} &= K_{on} \pi D_0 f(v_0) dy; \\
F_{on1} &= K_{on} \pi D_1 f(v_1) dy; \\
F_{on2} &= K_{on} \pi D_2 f(v_2) dy; \\
F_{i0} &= \rho_0 \omega_0 \left(\frac{\partial v_0}{\partial y} v_0 + \frac{\partial v_0}{\partial t} \right) dy; \\
F_{i1} &= \rho_1 \omega_1 \left(\frac{\partial v_1}{\partial y} v_1 + \frac{\partial v_1}{\partial t} \right) dy; \\
F_{i2} &= \rho_2 \omega_2 \left(\frac{\partial v_2}{\partial y} v_2 + \frac{\partial v_2}{\partial t} \right) dy; \\
F_{\omega 1} &= K_{\omega} \mu_{cep} f(v_1 - v_0) dy; \\
F_{\omega 2} &= K_{\omega} \mu_{cep} f(v_2 - v_0) dy;
\end{aligned} \tag{2.2}$$

Індекси «1» та «2» стосуються для позначення параметрів першого та другого струменів піни низької кратності, індекси «0» – для позначення параметрів струмені піни середньої кратності; D і ω – діаметр і площа поперечного січення струменя; p – тиск; v – вертикальна швидкість руху центра виділеного елемента; ρ – питома густина рідини; g – прискорення вільного падіння; G – сила ваги; F_i – сила інерції; F_{on} – сила опору повітря, що діє на виділений елемент; $K_{on} = K_{on}(y)$ – коефіцієнт тертя струменя об повітря; $f(v)$ – деяка неперервна функція швидкості; F_{ω} – сила взаємодії струменів між собою; $K_{\omega} = K_{\omega}(y)$ – приведений коефіцієнт тертя струменя об струмись.

Оскільки в подальшому буде розглядатися тільки стаціонарний рух струменів, то для нього $\frac{\partial v}{\partial t} = 0$, а часткові похідні по y переходять в звичайні. Підставивши вирази (2.2) в (2.1), переходимо до рівняння Бернуллі в диференціальній формі:

$$\frac{dp_0}{dy} + \frac{4K_{on}}{D_0} f(v_0) + \rho_0 g + \rho_0 v_0 \frac{dv_0}{dy} + K_{\omega} \mu_{cep} f(v_1 - v_0) + K_{\omega} \mu_{cep} f(v_2 - v_0) = 0$$

$$\frac{dp_1}{dy} + \frac{4K_{on}}{D_1} f(v_1) + \rho_1 g + \rho_1 v_1 \frac{dv_1}{dy} + K_{ec} \mu_{cep} f(v_1 - v_0) = 0,$$

$$\frac{dp_2}{dy} + \frac{4K_{on}}{D_2} f(v_2) + \rho_2 g + \rho_2 v_2 \frac{dv_2}{dy} + K_{ec} \mu_{cep} f(v_2 - v_0) = 0 \quad (2.3)$$

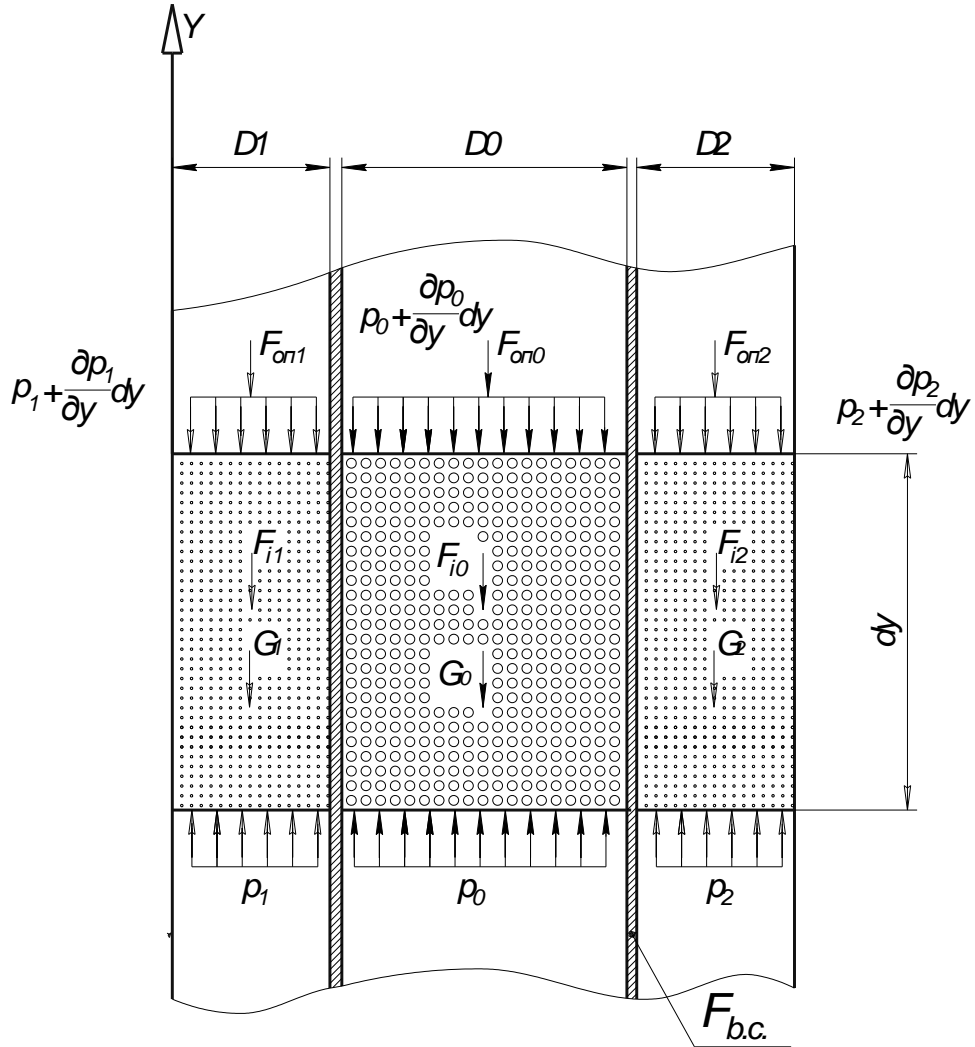


Рисунок 2.2 – Виділений елемент струменів

Для спрощення цих рівнянь, рахуватимемо тиск p в виділеному об'ємі струменя висотою dy постійним, тому $\frac{dp}{dy} = 0$. Крім того, приймаємо

$K_{on} D^{-1} = const$. В результаті замість (2.3), отримаємо:

$$v_0 \frac{dv_1}{dy} + \frac{4K_{on}}{\rho_0 D_0} f(v_0) + \frac{K_{\infty} \mu_{cep}}{\rho_{cep}} f(v_1 - v_0) + \frac{K_{\infty} \mu_{cep}}{\rho_{cep}} f(v_2 - v_0) = -g$$

$$v_1 \frac{dv_1}{dy} + \frac{4K_{on}}{\rho_1 D_1} f(v_1) + \frac{K_{\infty} \mu_{cep}}{\rho_{cep}} f(v_1 - v_0) = -g, \quad (2.4)$$

$$v_2 \frac{dv_2}{dy} + \frac{4K_{on}}{\rho_2 D_2} f(v_2) + \frac{K_{\infty} \mu_{cep}}{\rho_{cep}} f(v_2 - v_0) = -g$$

Як показали подальші експериментальні дослідження, при сумісному русі струмені змішуються між собою і процес взаємодії носить турбулентний характер, тому, у випадку взаємодії струменів між собою внаслідок сил в'язкості, необхідно використовувати середні значення коефіцієнтів динамічної в'язкості пінних струменів та середні значення їх питомих густин.

2.1.2. Використання рівнянь руху умовно зв'язаних матеріальних точок для розрахунку траєкторій похилих гідравлічних струменів

Оскільки з допомогою рівнянь динаміки кинутих вгору двох або більше абсолютно твердих тіл, умовно зв'язаних між собою силами в'язкості можна описувати стаціонарний рух вертикальних гідравлічних струменів, то узагальнимо цей метод на двомірний випадок, тобто коли положення тіл в просторі в момент часу t описується двома координатами: віссю абсцис $x = x(t)$ і віссю ординат $y = y(t)$.

Така методика теоретичних досліджень використовувалася в роботах [73,88] для дослідження траєкторій похилого гідравлічного струменя з врахуванням сили його тертя об повітря. Коефіцієнт тертя визначався методом ідентифікації, тобто значення α підбиралося таким чином, щоби відбувалося збігання теоретичних та експериментальних траєкторій. В цій же роботі також проведено встановлення характеру залежності сили опору від швидкості, тобто встановлено значення пропорційності, а саме: лінійну та квазілінійну залежність, квадратичну та квазіквадратичну і кубічну. Для параметрів гідравлічних похилих струменів, що досліджуються в даній роботі найбільш адекватною є квадратична залежність сили опору струменя при його терті об повітря. Приймаємо коефіцієнт опору [73,88]:

$$\alpha = \frac{0,316}{\rho D}, \quad (2.7)$$

При створенні математичної моделі процесу транспортування струменя піни середньої кратності струменями піни низької кратності приймемо, що залежність сили взаємодії між струменями від різниці швидкостей цих струменів є величина нелінійна [73] і носить квадратичну залежність.

Тоді процес опишеться системою із шести (для трьох стволів) нелінійних диференціальних рівнянь:

$$\begin{aligned} \ddot{x}_0 + \alpha_0 \cdot \dot{x}_0 \cdot (\dot{x}_0^2 + \dot{y}_0^2)^{1/2} + \beta \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_1) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_1)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_1)^2)^{1/2} \\ + \beta \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_2) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_2)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_2)^2)^{1/2} = 0 \\ \ddot{y}_0 + \alpha_0 \cdot \dot{y}_0 \cdot (\dot{x}_0^2 + \dot{y}_0^2)^{1/2} + \beta \cdot (\dot{y}_0 - \dot{y}_1) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_1)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_1)^2)^{1/2} \\ + \beta \cdot (\dot{y}_0 - \dot{y}_2) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_2)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_2)^2)^{1/2} = -g \\ \ddot{x}_1 + \alpha_1 \cdot \dot{x}_1 \cdot (\dot{x}_1^2 + \dot{y}_1^2)^{1/2} + \beta \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_1) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_1)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_1)^2)^{1/2} = 0 \\ \ddot{y}_1 + \alpha_1 \cdot \dot{y}_1 \cdot (\dot{x}_1^2 + \dot{y}_1^2)^{1/2} + \beta \cdot (\dot{y}_0 - \dot{y}_1) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_1)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_1)^2)^{1/2} = -g \\ \ddot{x}_2 + \alpha_2 \cdot \dot{x}_2 \cdot (\dot{x}_2^2 + \dot{y}_2^2)^{1/2} + \beta \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_2) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_2)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_2)^2)^{1/2} = 0 \\ \ddot{y}_2 + \alpha_2 \cdot \dot{y}_2 \cdot (\dot{x}_2^2 + \dot{y}_2^2)^{1/2} + \beta \cdot (\dot{y}_0 - \dot{y}_2) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_2)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_2)^2)^{1/2} = -g \end{aligned} \quad (2.8)$$

з початковими умовами:

$$\begin{aligned} x_0(0) = 0; \quad y_0(0) = a; \quad \dot{x}_0(0) = v_{00} \cos \Theta_1; \quad \dot{y}_0 = v_{00} \sin \Theta_1 \\ x_1(0) = 0; \quad y_1(0) = b; \quad \dot{x}_1(0) = v_{01} \cos \Theta_1; \quad \dot{y}_1 = v_{01} \sin \Theta_1; \quad , \\ x_2(0) = 0; \quad y_2(0) = c; \quad \dot{x}_2(0) = v_{02} \cos \Theta_2; \quad \dot{y}_2 = v_{02} \sin \Theta_2; \end{aligned} \quad (2.9)$$

Тут, як і раніше, v_0 – швидкість витікання струменя із ствола; Θ – кут нахилу осі ствола до горизонту; α – коефіцієнт взаємодії струменя з атмосферою; β – коефіцієнт взаємодії струменів між собою. Індексом « 0 » позначимо струмінь піни середньої кратності, а індексами « $1,2$ » - струмені піни низької кратності.

Для розв'язку системи рівнянь (2.8) з початковими умовами (2.9) виконаємо певні припущення.

По перше, ствол піни середньої кратності « 0 » та стволи піни низької кратності « $1;2;3;4\dots n$ » розташовуються відносно певних схем розташування. Із цих схем визначаємо константи $a;b;c$.

По друге, взаємодія між струменями є умовною, тобто відбувається при виконанні певної умови. Цією умовою є вертикальна відстань між обома струменями, якщо між струменями є зазор то контакту немає і навпаки. Цю ділянку назовемо фазою взаємодії струменів між собою. В цій фазі польоту відбувається обмін кінетичними енергіями струменів. Струмінь з більшою енергією гальмується струменем з меншою енергією, завдяки чому струмінь з меншою енергією розганяється. Якщо б ця фаза польоту тривала достатньо довго, то значення кінетичної енергії обох струменів вирівнялися б і надалі існував би лише один узагальнений струмінь. Однак, існує і друга фаза – фаза окремого польоту струменів, коли струмінь піни середньої кратності падає нижче струменів піни низької кратності [77].

Математично цю умову взаємодії струменів між собою можна виразити таким чином:

$$\begin{aligned} \text{Якщо } |y_1 - y_0| > Y_1 \text{ то } \beta &= 0 \\ \text{Якщо } |y_1 - y_0| \leq Y_1 \text{ то } \beta &\neq 0 \end{aligned} \quad (2.10)$$

де Y_1 – значення, яке визначається із схеми розташування струменів.

Аналогічно опишемо умову для другого, третього та n-го струменя. Чисельне інтегрування системи нелінійних диференціальних рівнянь (2.8) з початковими умовами (2.9) та умовами існування фаз польоту (2.10) будемо виконувати з допомогою ЕОМ використовуючи метод Рунге-Кутта четвертого порядку в програмному середовищі MATLAB.

Задамося попередніми параметрами процесу та визначимо сталі величини, що входять у формули математичної моделі.

Струмінь з індексом «0»:

- повітряно-механічна піна середньої кратності $K=100$;
- діаметр струменя $D_0=315$ мм (піногенератор середньої кратності);
- питома густина піни $\rho_0=10$ кг/м³;
- динамічна в'язкість піни $\mu_0=0,182$ Па·с;

Струмені з індексом «1; 2; ...n»:

- повітряно-механічна піна низької кратності $K=10$;

- діаметр струменя $D_I=42$ мм (генератори піни низької кратності);
- питома густина піни $\rho_I=100$ кг/м³;
- динамічна в'язкість піни $\mu_I=0,0135$ Па·с;

Визначимо коефіцієнти опору струменів при їх взаємодії з повітрям (2.7).

$$\alpha_I=0,316/(10 \cdot 0,3)=0,1053 \text{ м}^{-1};$$

$$\alpha_0=0,316/(100 \cdot 0,042)=0,0752 \text{ м}^{-1}.$$

Кут ствола до горизонту приймемо $\Theta_I=\Theta_2=30^\circ$. Початкові швидкості визначимо виходячи із орієнтованих значень для генераторів піни низької кратності та генератора піни середньої кратності $v_{00}=12,45$ м/с; $v_{0I}=35,33$ м/с. Коефіцієнти взаємодії струменів між собою є величини не відомі і підлягають ідентифікації. Як впливає із (2.4):

$$\beta = K_{\text{вс}} \frac{\mu_{\text{сеп}}}{\rho_{\text{сеп}}}, \quad (2.11)$$

Величина $K_{\text{вс}}$ визначалася в роботі [77] і, для струменів круглого перерізу, становила $K_{\text{вс}}=4000$. При цьому $\beta=7,3$.

Однак у нашому випадку струмені піни низької кратності мають овальний поперечний переріз (рис.2.4), що, на нашу думку, повинно позитивно впливати на величину коефіцієнта β , так і на величину втрат піни середньої кратності в процесі її транспортування струменем (струменями) піни низької кратності.

Для визначення величини коефіцієнта β від величини відносної швидкості струменів необхідно провести дослідження аналогічно до тих, що були проведені в роботі [77].

2.1.3. Дослідження процесу взаємодії струменів піни низької кратності із струменем піни середньої кратності

Експериментальні дослідження процесу взаємодії струменів між собою проводились на експериментальній установці, яка складалася із двох повітряно-пінних стандартних стволів СПП-2 та одного стандартного піногенератора ГПС-600 скріплених між собою. подача води та піноутворювача здійснювалась з допомогою пожежної машини. Значення тиску в трубопроводах вимірювались з допомогою

контрольно-виміральної апаратури пожежної машини. Величина кута Θ встановлювалась з допомогою спеціального гвинтового пристосування і вимірювалась кутоміром. Середня довжина польоту струменів вимірювалась рулеткою.

Мета експерименту – визначення середньої дальності польоту струменів при різних значеннях тиску ($p = 5; 7; 10$ ат.) (напору) та різних значеннях кута підйому ($\Theta=30^\circ; 45^\circ$) для верифікації (перевірки адекватності) математичної моделі та визначення величини коефіцієнта β . Результати попередніх експериментальних випробувань приведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Результати попередніх експериментальних випробувань

$v_{00};$ (м/с)	10,53	12,45	14,88
$v_{01};$ (м/с)	29,84	35,33	42,2
$L_{сер}$ при $\Theta=30^\circ;$ (м)	14,1	16,2	18,5
$L_{сер}$ при $\Theta=45^\circ;$ (м)	13,65	15,80	17,55

2.1.4. Попередні теоретичні дослідження процесу взаємодії струменів між собою

Для проведення попередніх теоретичних досліджень процесу взаємодії двох вертикально розташованих струменів (рис. 2.3 а) переписемо систему диференціальних рівнянь (2.8), що описує взаємодію трьох стволів таким чином, щоб вона описувала взаємодію двох стволів, струмені (0 та 1, рис. 2.3) яких в початковий момент часу знаходяться в концентричних контурах. Внутрішній контур – це генератор піни середньої кратності, а зовнішній концентричний контур, це спеціально встановлена пряма труба, яка разом із внутрішнім контуром надає струменеві піни низької кратності овальної форми.

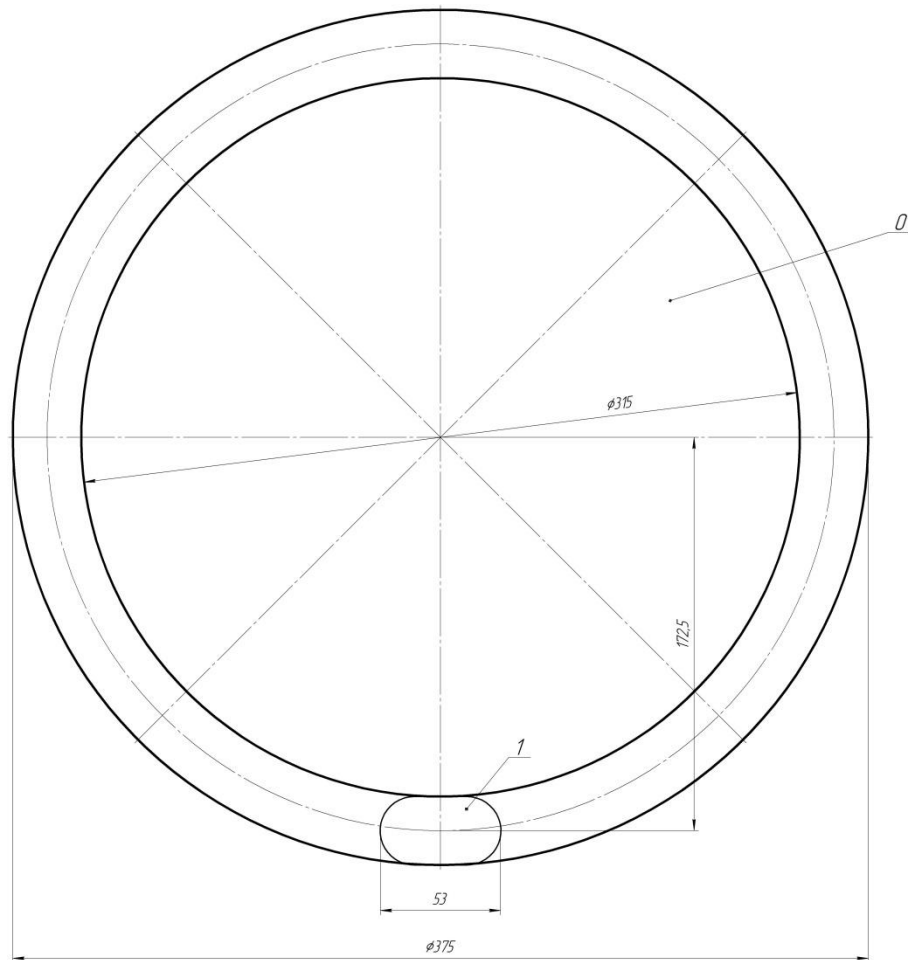


Рисунок 2.3 а) – Схема взаємодії двох струменів

Тоді процес опишеться системою із чотирьох (для двох стволів) нелінійних диференціальних рівнянь:

$$\begin{aligned}
 \ddot{x}_0 + \alpha_0 \cdot \dot{x}_0 \cdot (\dot{x}_0^2 + \dot{y}_0^2)^{1/2} + \beta \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_1) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_1)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_1)^2)^{1/2} &= 0 \\
 \ddot{y}_0 + \alpha_0 \cdot \dot{y}_0 \cdot (\dot{x}_0^2 + \dot{y}_0^2)^{1/2} + \beta \cdot (\dot{y}_0 - \dot{y}_1) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_1)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_1)^2)^{1/2} &= -g \\
 \ddot{x}_1 + \alpha_1 \cdot \dot{x}_1 \cdot (\dot{x}_1^2 + \dot{y}_1^2)^{1/2} + \beta \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_1) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_1)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_1)^2)^{1/2} &= 0 \\
 \ddot{y}_1 + \alpha_1 \cdot \dot{y}_1 \cdot (\dot{x}_1^2 + \dot{y}_1^2)^{1/2} + \beta \cdot (\dot{y}_0 - \dot{y}_1) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_1)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_1)^2)^{1/2} &= -g
 \end{aligned} \quad (2.12)$$

з початковими умовами (рис. 2.3 б):

$$\begin{aligned}
 x_0(0) = 0; \quad y_0(0) = 1; \quad \dot{x}_0(0) = v_{00} \cos \Theta_1; \quad \dot{y}_0(0) = v_{00} \sin \Theta_1 \\
 x_1(0) = 0; \quad y_1(0) = 0.8275; \quad \dot{x}_1(0) = v_{01} \cos \Theta_1; \quad \dot{y}_1(0) = v_{01} \sin \Theta_1;
 \end{aligned} \quad (2.13)$$

Умова взаємодії струменів між собою (2.10) для даного випадку переписеться наступним чином (рис. 2.3 б)

$$\begin{aligned} \text{Якщо } |y_1 - y_0| > 0.173 m \beta &= 0 \\ \text{Якщо } |y_1 - y_0| \leq 0.173 m \beta &\neq 0 \end{aligned} \quad (2.14)$$

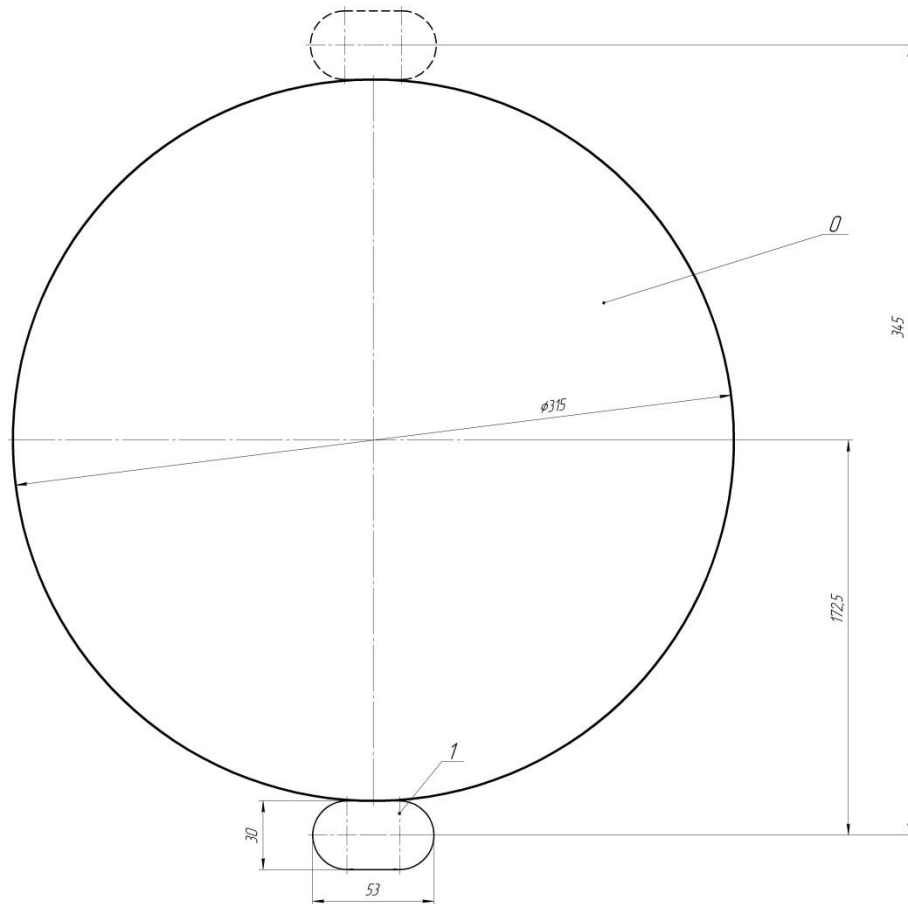


Рисунок 2.3 б) – Схема взаємодії двох струменів (координати)

Результати математичного моделювання процесу польоту двох струменів що описуються (2.12) з попередніми початковими умовами (2.13) та умовою взаємодії струменів між собою (2.14), одержані розв'язуванням системи диференціальних рівнянь методом Рунге-Кутта в програмному середовищі MATLAB які найбільш збігаються з експериментальними при різних значеннях тиску ($p = 5; 7; 10$ ат.) (напору) та різних значеннях кута підйому ($\Theta = 30^\circ; 45^\circ$) представлені в табл. (2.2) та (2.3) та на рис. 2.4. При цьому $K_{bc} = 35000$; $\beta = 63,875 = 64$.

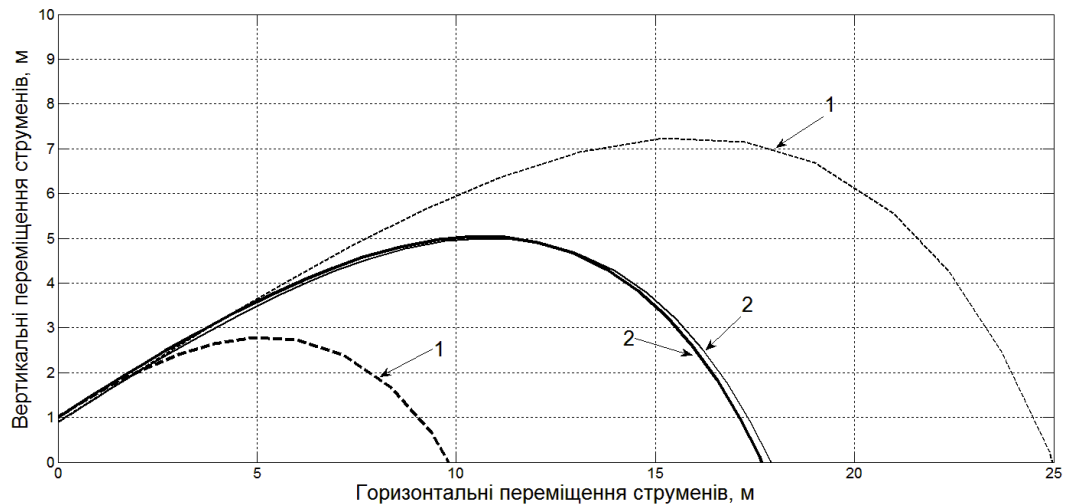


Рисунок 2.4 – Переміщення струменів при різних значеннях коефіцієнта взаємодії при $\Theta=30^\circ$ та $p = 10$ ат. (1 – $\beta = 0$; 2 – $\beta = 64$)

Таблиця 2.2 – Теоретичні дослідження дальності польоту струменів при $\Theta=30^\circ$

v_{00} ; (м/с)	10,53	12,45	14,88
v_{0I} ; (м/с)	29,84	35,33	42,2
L_0 ; (м)	13,67	15,59	17,68
L_I ; (м)	13,82	15,77	17,90
L_I-L_0 ; (м)	0,15	0,18	0,22
$(L_I+L_0)/2$; (м)	13,75	15,68	17,79
Експер. L (м)	14,10	16,20	18,5
δ , (%)	2,48	3,21	3,84
$\delta_{сеп}$, (%)	3,18		

Як видно із аналізу табличних даних, розходження між теоретичними та експериментальними результатами та величина відносної похибки є незначними. Виконати більш точні експериментальні роботи не дозволяє специфіка вимірювань середньої довжини пінних струменів.

Тому подальші теоретичні дослідження процесу транспортування струменя повітряно-механічної піни середньої кратності струменем (струменями) такої ж піни низької кратності слід проводити за системою нелінійних диференціальних рівнянь

(2.8) з початковими умовами (2.9) та умовами існування фази взаємодії між струменями (2.10). Коефіцієнт α , що характеризує взаємодію струменів з повітрям, слід визначати за формулою (2.7). Коефіцієнт β , який характеризує взаємодію струменів між собою, для описаного при проведенні попередніх експериментальних досліджень випадку, слід брати $\beta = 64$.

Таблиця 2.3 – Теоретичні дослідження дальності польоту струменів при $\theta=45^\circ$

$v_{01};$ (м/с)	10,53	12,45	14,88
$v_{02};$ (м/с)	29,84	35,33	42,2
$L_1;$ (м)	13,24	14,93	16,74
$L_2;$ (м)	13,40	15,4	16,97
$L_2-L_1;$ (м)	0,16	0,47	0,23
$(L_1+L_2)/2;$ (м)	13,32	15,17	16,86
Експер. L (м)	13,65	15,80	17,55
$\delta,$ (%)	2,42	3,99	4,1
$\delta_{сер},$ (%)	3,5		

2.2. Теоретичні дослідження процесу транспортування струменя повітряно-механічної піни середньої кратності струменем (струменями) піни низької кратності

2.2.1. Визначення впливу взаємного розміщення струменів піни низької та середньої кратності на дальність польоту піни

Складемо систему диференціальних рівнянь (аналогічно системі 2.8) для одного центрального струменя піни середньої кратності та чотирьох струменів піни низької кратності, що взаємодіють із центральним. Схема розташування стволів представлена на рис. 2.5.

$$\begin{aligned}
& \ddot{x}_0 + \alpha_0 \cdot \dot{x}_0 \cdot (\dot{x}_0^2 + \dot{y}_0^2)^{1/2} + \beta_1 \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_1) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_1)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_1)^2)^{1/2} + \\
& + \beta_2 \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_2) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_2)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_2)^2)^{1/2} + \beta_3 \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_3) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_3)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_3)^2)^{1/2} + \\
& + \beta_4 \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_4) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_4)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_4)^2)^{1/2} = 0 \\
& \ddot{y}_0 + \alpha_0 \cdot \dot{y}_0 \cdot (\dot{x}_0^2 + \dot{y}_0^2)^{1/2} + \beta_1 \cdot (\dot{y}_0 - \dot{y}_1) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_1)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_1)^2)^{1/2} + \\
& + \beta_2 \cdot (\dot{y}_0 - \dot{y}_2) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_2)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_2)^2)^{1/2} + \beta_3 \cdot (\dot{y}_0 - \dot{y}_3) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_3)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_3)^2)^{1/2} + \\
& + \beta_4 \cdot (\dot{y}_0 - \dot{y}_4) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_4)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_4)^2)^{1/2} = -g \\
& \ddot{x}_1 + \alpha_1 \cdot \dot{x}_1 \cdot (\dot{x}_1^2 + \dot{y}_1^2)^{1/2} - \beta_1 \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_1) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_1)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_1)^2)^{1/2} = 0 \\
& \ddot{y}_1 + \alpha_1 \cdot \dot{y}_1 \cdot (\dot{x}_1^2 + \dot{y}_1^2)^{1/2} - \beta_1 \cdot (\dot{y}_0 - \dot{y}_1) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_1)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_1)^2)^{1/2} = -g \\
& \ddot{x}_2 + \alpha_2 \cdot \dot{x}_2 \cdot (\dot{x}_2^2 + \dot{y}_2^2)^{1/2} - \beta_2 \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_2) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_2)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_2)^2)^{1/2} = 0 \\
& \ddot{y}_2 + \alpha_2 \cdot \dot{y}_2 \cdot (\dot{x}_2^2 + \dot{y}_2^2)^{1/2} - \beta_2 \cdot (\dot{y}_0 - \dot{y}_2) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_2)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_2)^2)^{1/2} = -g \\
& \ddot{x}_3 + \alpha_3 \cdot \dot{x}_3 \cdot (\dot{x}_3^2 + \dot{y}_3^2)^{1/2} - \beta_3 \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_3) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_3)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_3)^2)^{1/2} = 0 \\
& \ddot{y}_3 + \alpha_3 \cdot \dot{y}_3 \cdot (\dot{x}_3^2 + \dot{y}_3^2)^{1/2} - \beta_3 \cdot (\dot{y}_0 - \dot{y}_3) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_3)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_3)^2)^{1/2} = -g \\
& \ddot{x}_4 + \alpha_4 \cdot \dot{x}_4 \cdot (\dot{x}_4^2 + \dot{y}_4^2)^{1/2} - \beta_4 \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_4) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_4)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_4)^2)^{1/2} = 0 \\
& \ddot{y}_4 + \alpha_4 \cdot \dot{y}_4 \cdot (\dot{x}_4^2 + \dot{y}_4^2)^{1/2} - \beta_4 \cdot (\dot{y}_0 - \dot{y}_4) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_4)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_4)^2)^{1/2} = -g
\end{aligned} \tag{2.13}$$

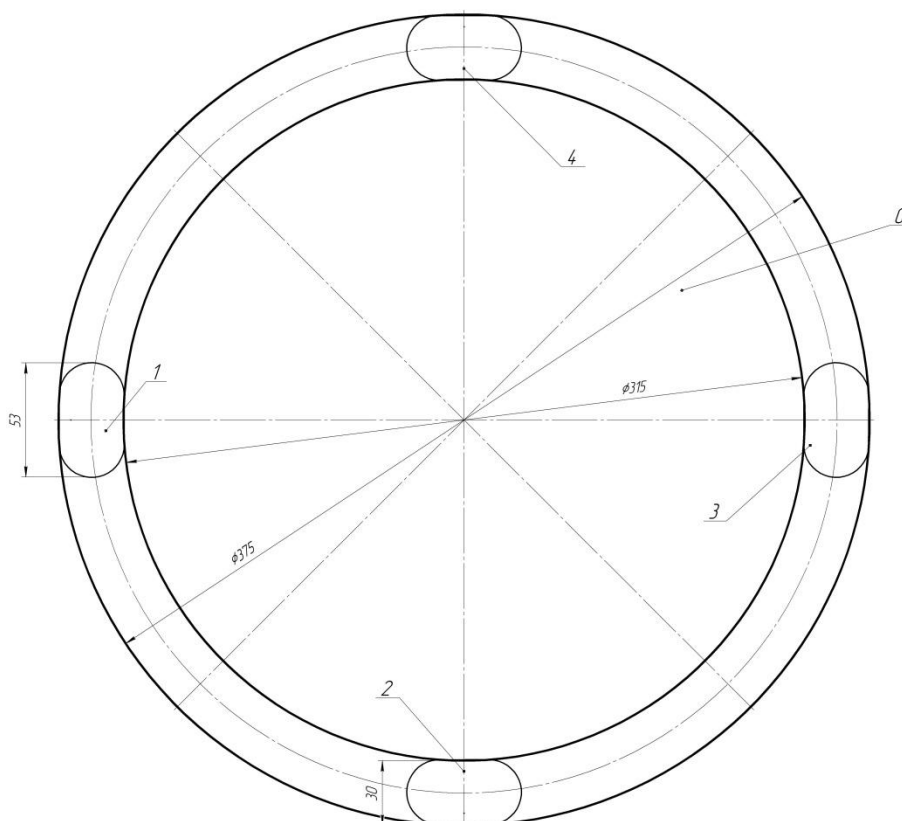


Рисунок 2.5 а) – Схема розміщення струменів піни різної кратності

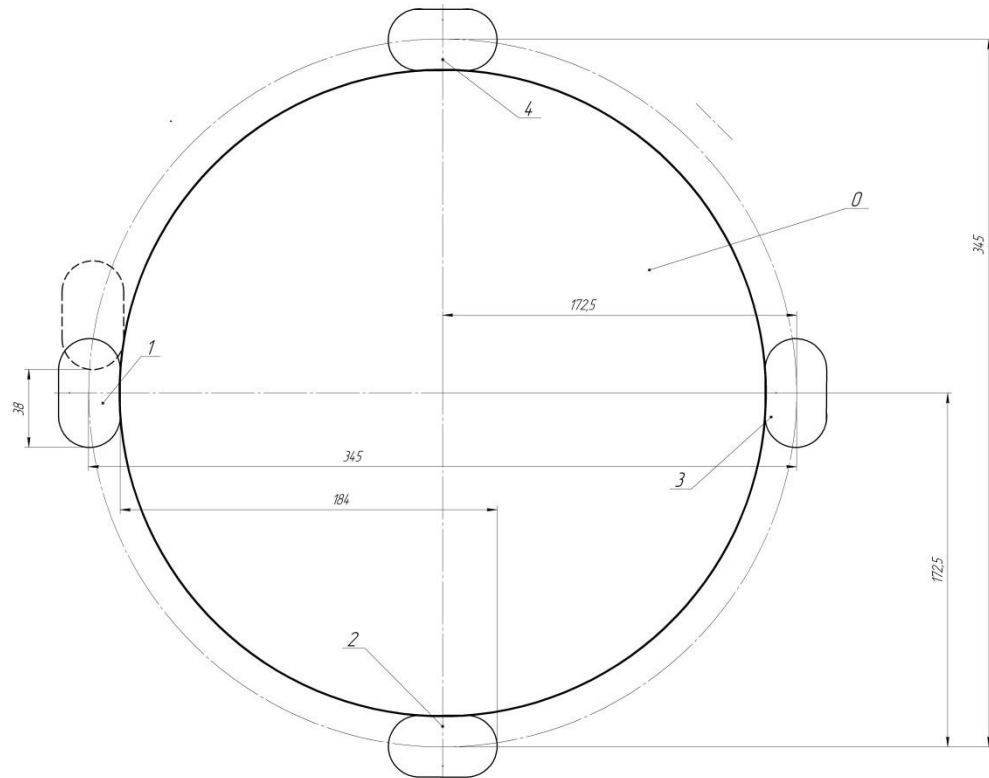


Рисунок 2.5 б) – Схема розміщення струменів піни різної кратності
(координати)

Як видно із схеми, стволи піни низької кратності розташовуються концентрично і хрестоподібно відносно центрального ствола піни середньої кратності. Початкові умови, що визначаються із цієї схеми, будуть такими: $x_0(0)=0$; $y_0(0)=0$; $x_1(0)=-172,5$ мм; $y_1(0)=0$; $x_2(0)=0$ мм; $y_2(0)=-172,5$ мм; $x_3(0)=172,5$ мм; $y_3(0)=0$; $x_4(0)=0$; $y_4(0)=172,5$ мм.

Константи, що визначають фазу взаємодії струменів між собою, визначаються із схеми (рис. 2.5 а): $Y_1=38$ мм; $Y_2=345$ мм; $Y_3=38$ мм; $Y_4=0$ мм (≈ 5 мм залипання струменів). Як впливає із аналізу умов (2.10), чим більше значення Y , тим довше струмені будуть взаємодіяти. Із аналізу конструктивної схеми, що зображена на рис. 2.5 впливає, що центральний струмінь піни середньої кратності найдовше взаємодіятиме із другим струменем піни низької кратності, та найменше взаємодіятиме із четвертим струменем піни низької кратності.

Графічну залежність горизонтальних переміщень струменів від часу представлено на рис. 2.6, а процес вирівнювання (усереднення) горизонтальних складових швидкостей струменів на рис. 2.7.

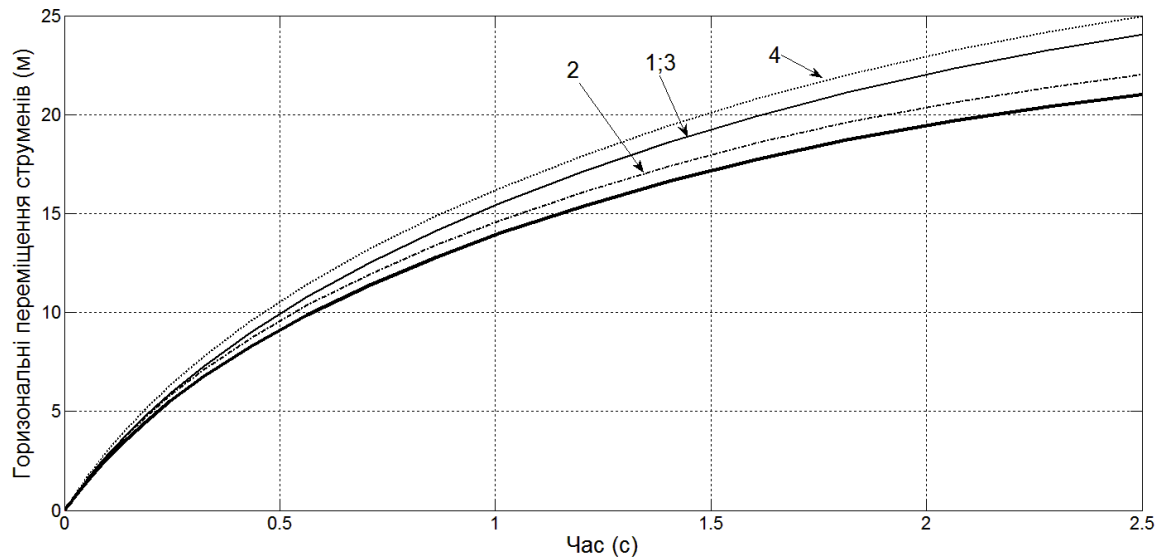


Рисунок 2.6 – Горизонтальні переміщення струменів піни різної кратності

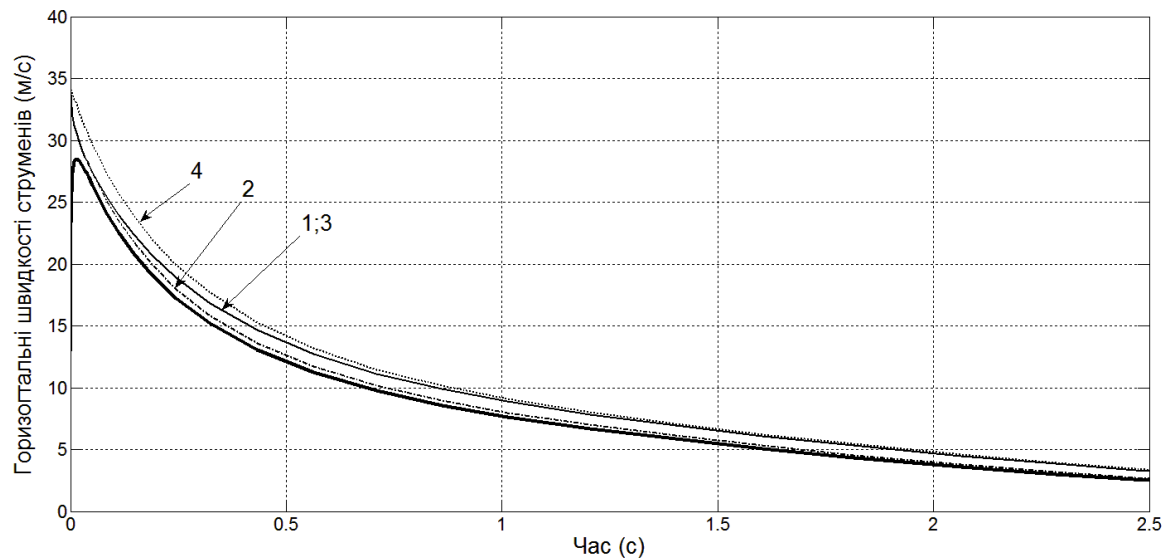


Рисунок 2.7 – Процес вирівнювання швидкостей струменів піни різної кратності

Із аналізу рис. 2.6 видно, що найбільше відставання спостерігається у центрального струменя середньої кратності та струменя 4 (верхній струмінь рис.

2.5), менше в струменів 1 та 3 і найменше у струменя 2. Це ж саме стосується і горизонтальних проекцій їх швидкостей (рис. 2.7). Тобто, найбільш ефективно використовується нижній струмінь.

Проекції переміщень та швидкостей на вертикальну вісь (рис. 2.8 та 2.9) мають таку ж закономірність, що вказує на добру адекватність математичної моделі.

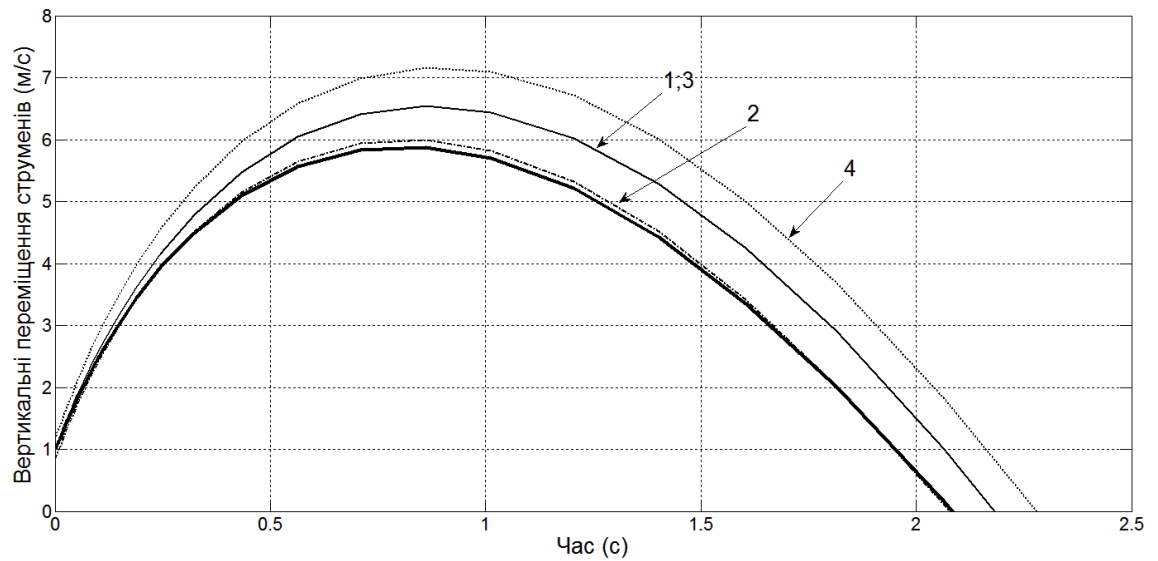


Рисунок 2.8 – Вертикальні переміщення струменів піни різної кратності

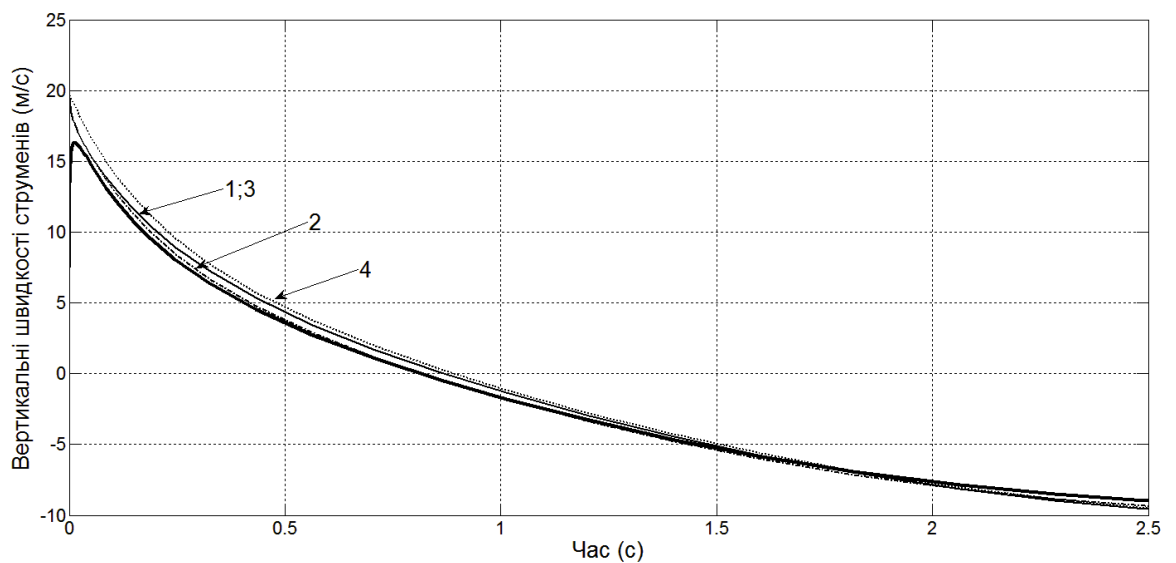


Рисунок 2.9 – Процес вирівнювання швидкостей струменів піни різної кратності

Траєкторії струменів (переміщення в координатах X – Y) зображено на рис. 2.10. Як видно із рисунка, найдаліше летить струмінь 4, оскільки він найменше гальмується центральним струменем середньої кратності. Дещо менша дальність польоту у струменів 1 та 3 і найменша у струменя 2, який буквально несе на собі центральний струмінь.

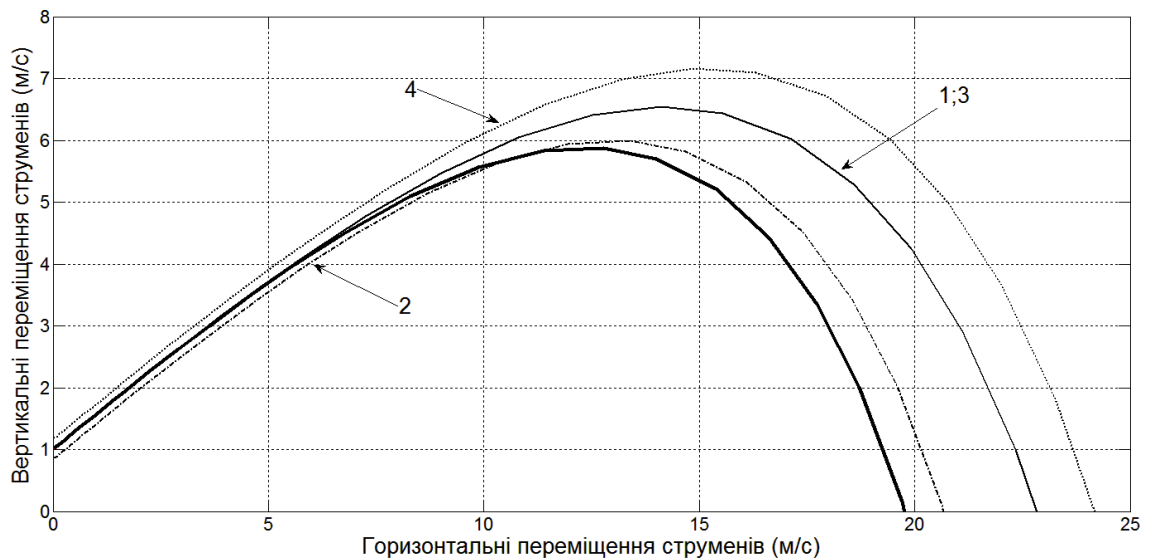


Рисунок 2.10 – Траєкторії переміщень струменів піни різної кратності

Однак, як показують проведені теоретичні та експериментальні дослідження, центральний струмінь провалюється через струмінь 2, що викликає втрати піни середньої кратності.

Область існування режимів сумісного руху струменів піни низької та середньої кратності зображено на рис. 2.11 (умова 2.10 та рис. 2.5 б).

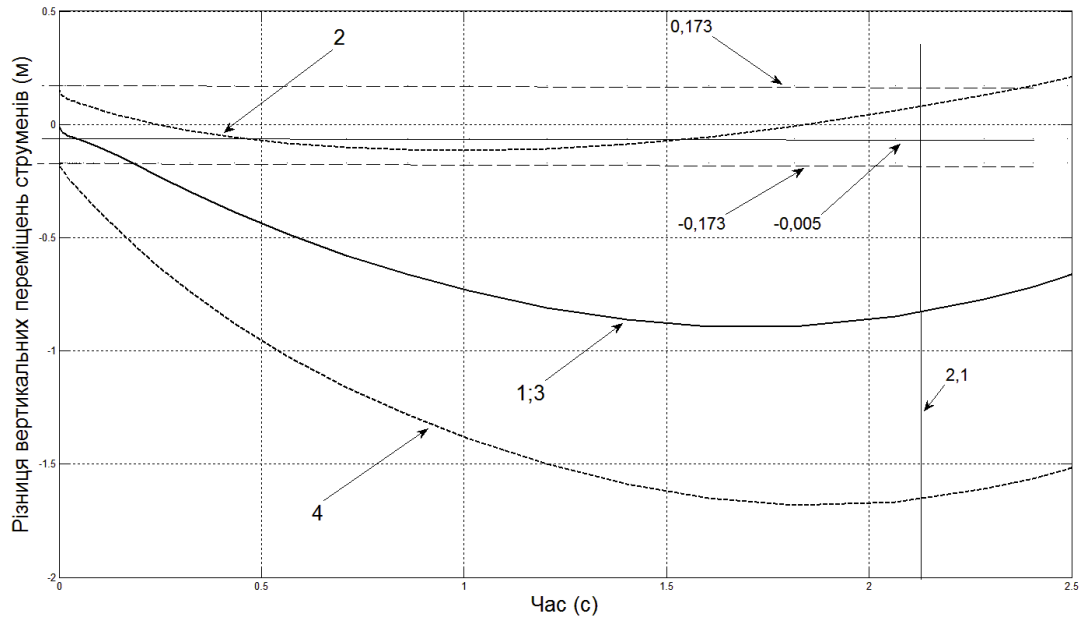


Рисунок 2.11 – Режим сумісного руху струменів піни різної кратності

Як видно із рис. 2.11, струмінь 4 практично не взаємодіє із центральним струменем, взаємодія струменів 1 та 3 носить короточасний характер ($\approx 0,5$ с), а струмінь 2 виходить із взаємодії в самому кінці часового інтервалу ($\approx 2,4$ с). Слід відмітити, що в часі $t \approx 2,1$ с (вертикальна крива) всі струмені опускаються на поверхню ґрунту, тобто подальша взаємодія носить уявний характер.

Отже струмінь 2 є самим ефективним, оскільки він знаходиться в самій нижній точці конструктивної схеми розташування струменів.

Повернувши струмені піни низької кратності на 45° відносно центрального струменя піни середньої кратності, одержимо іншу конструктивну схему, яка зображена на рис. 2.12.

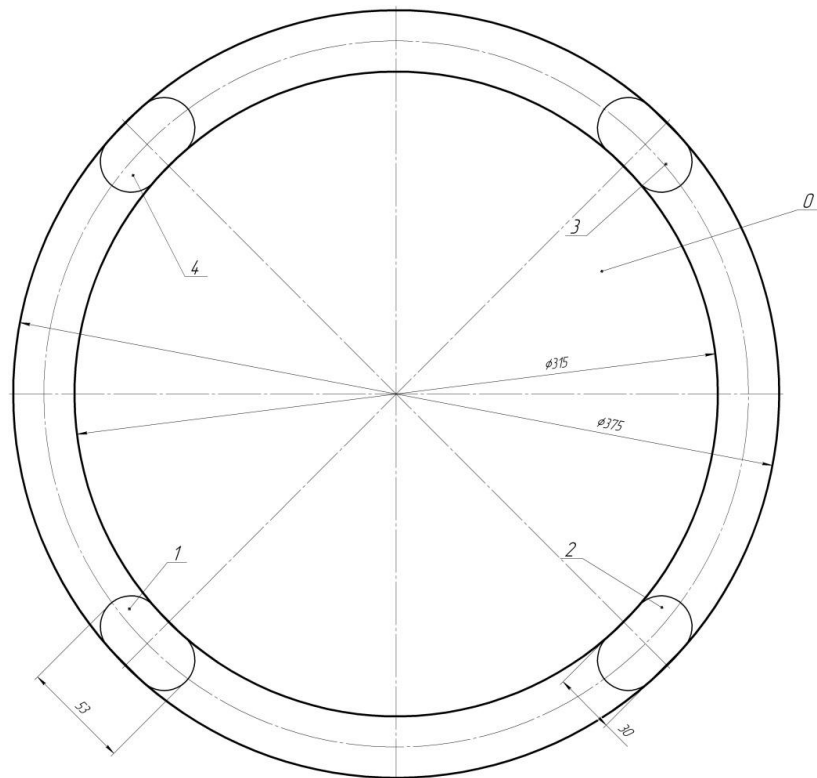


Рисунок 2.12 а) – Схема розташування струменів піни різної кратності

В даній конструктивній схемі два струмені знаходяться внизу центрального струменя, а два – вгорі.

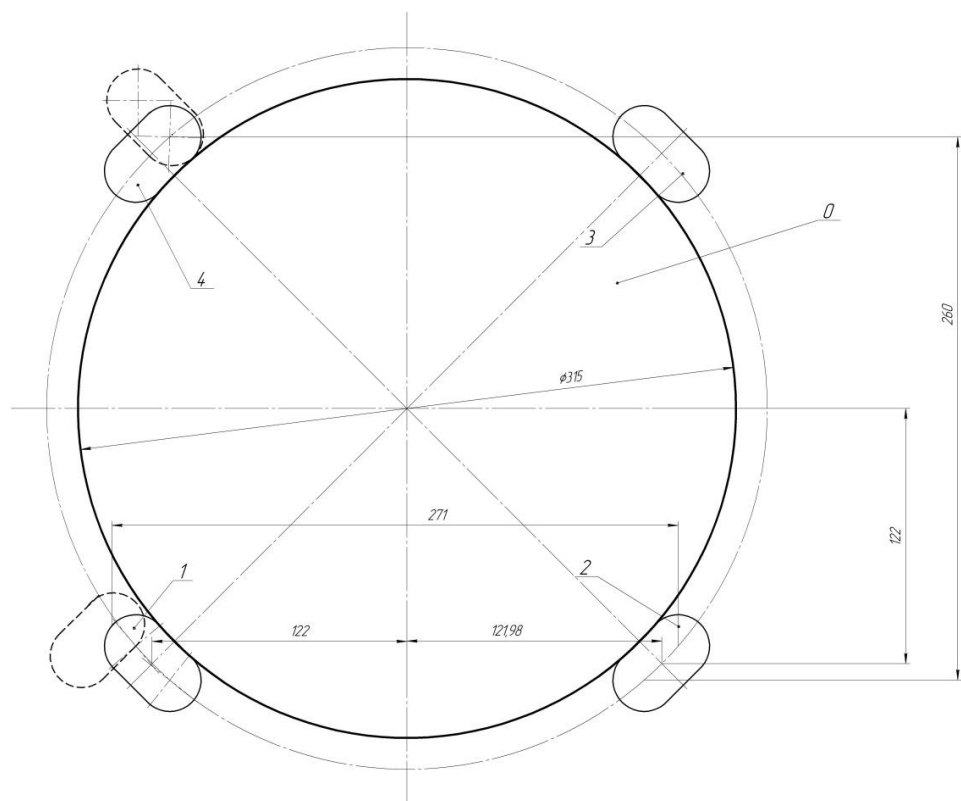


Рисунок 2.12 б) – Схема розташування струменів піни різної кратності
(координати)

Траєкторії переміщення таких струменів зображено на рис. 2.13. Як видно із аналізу рисунка, зміна конструктивної схеми не забезпечила помітного збільшення дальності, але фрагментація струменя пini середньої кратності буде значно меншою.

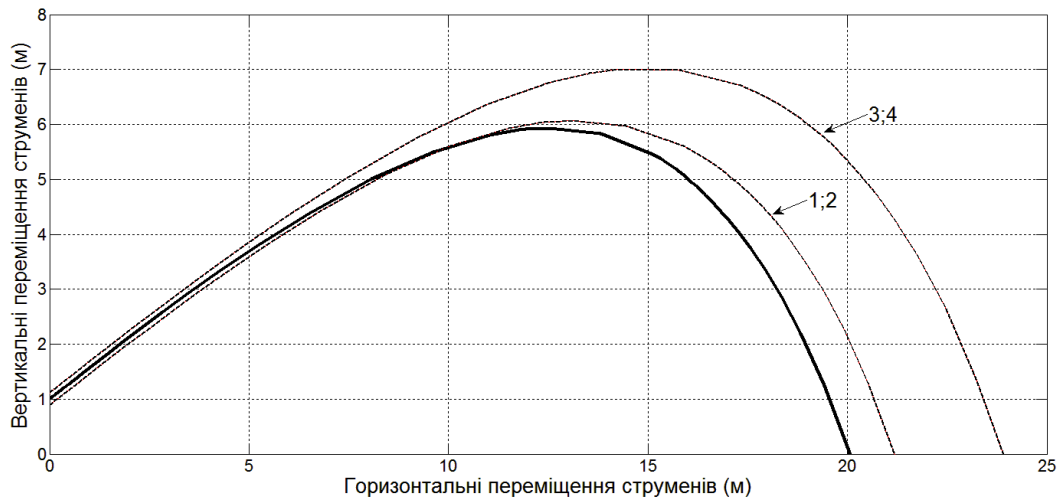


Рисунок 2.13 – Траєкторії переміщень струменів пini різної кратності

Як видно із рисунка, два струмені (1 та 2) постійно взаємодіють із центральним струменем, а інші два – взаємодіють короткий проміжок часу. У попередньому випадку один струмінь взаємодіяв весь час, один зовсім не взаємодіяв, а два взаємодіяли протягом деякого часу. Дана схема дасть невелике збільшення дальності, але може виявитися більш стійкою до дії вітру в подальших дослідженнях.

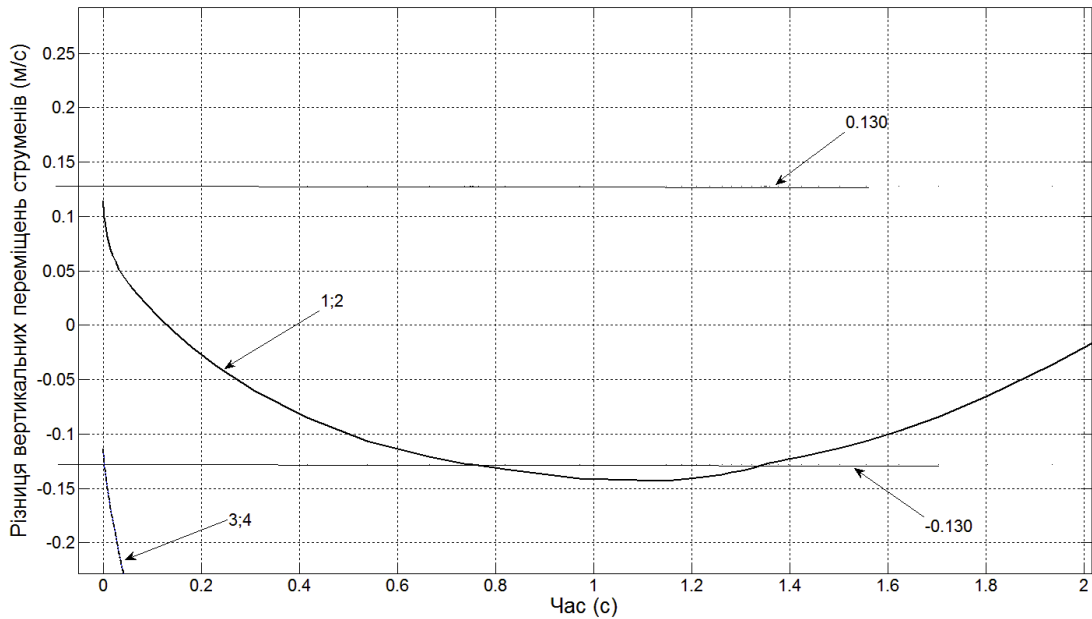


Рисунок 2.14 – Режим сумісного руху струменів піни різної кратності

Аналіз розглянутих конструктивних схем розташування струменів вказує на доцільність їх розташування внизу центрального струменя, тобто всі чотири струмені піни низької кратності розташовуються концентрично до центрального струменя піни середньої кратності в його нижній частині.

Таку конструктивну схему розміщення струменів зображено на рис. 2.15. На рис. 2.15 а) зображено вертикальні параметри струменів, а на рис. 2.15 б) – горизонтальні, що необхідно для визначення стійкості струменів до дії бокового вітру. Зрозуміло, що кожна із розглянутих вище конструктивних схем розташування струменів буде мати різну стійкість до дії бокового вітру.

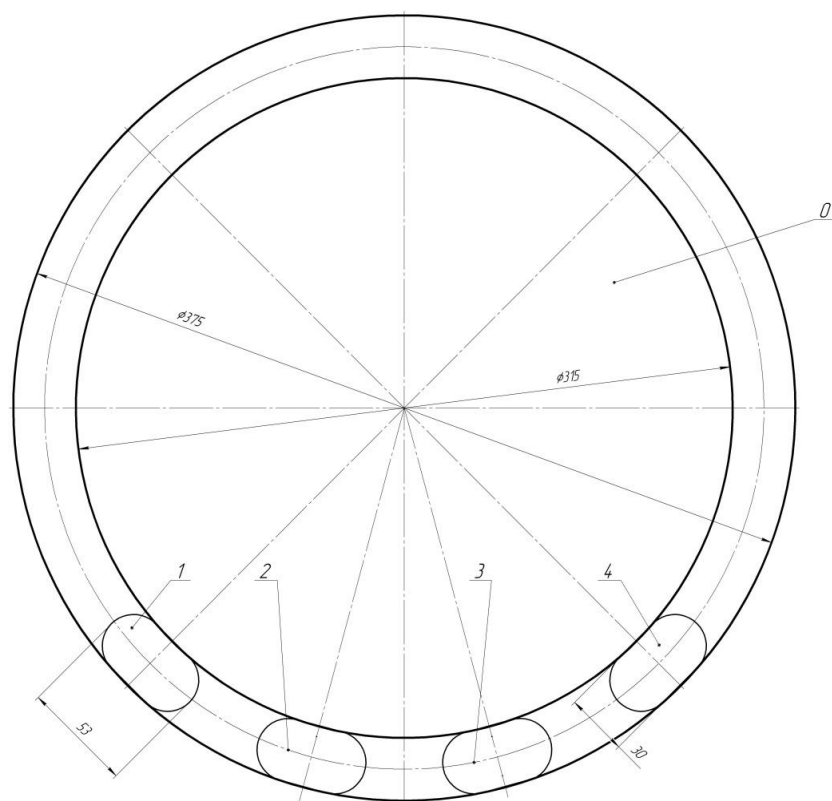


Рисунок 2.15 а) – Схема розташування струменів піни різної кратності

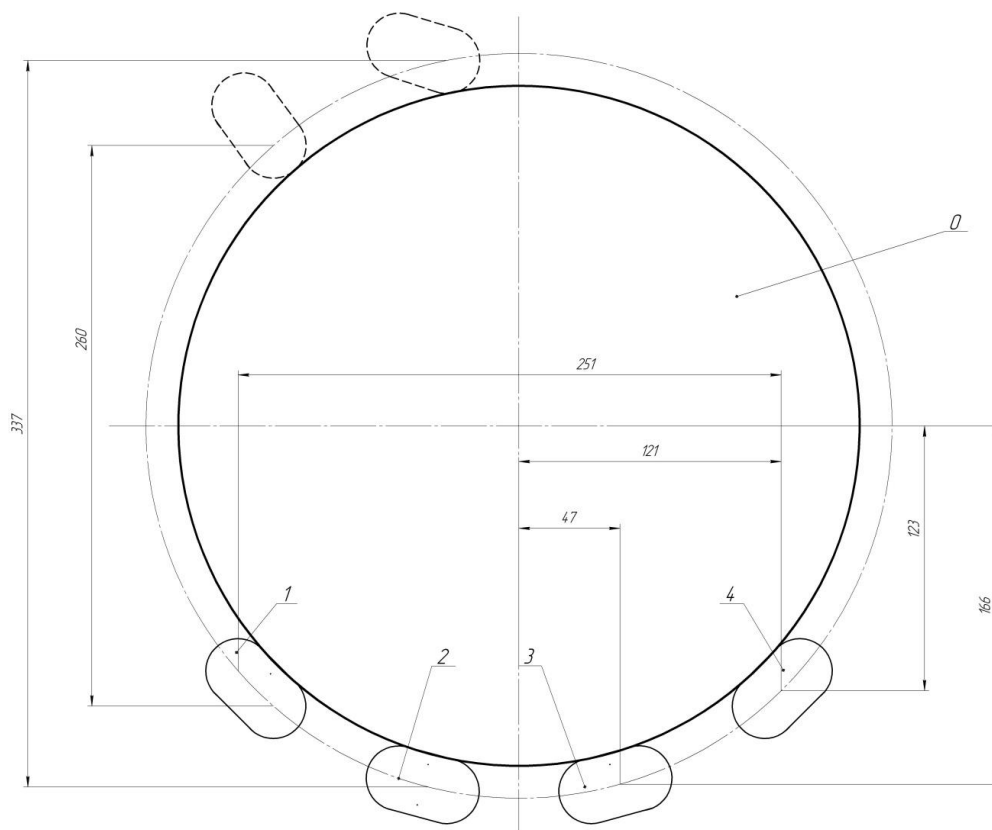


Рисунок 2.15 б) – Схема розташування струменів піни різної кратності
(координати)

Траєкторії переміщень струменів, розташованих тільки знизу центрального струменя піни середньої кратності зображено на рис. 2.16, а область існування режимів сумісного руху на рис. 2.17.

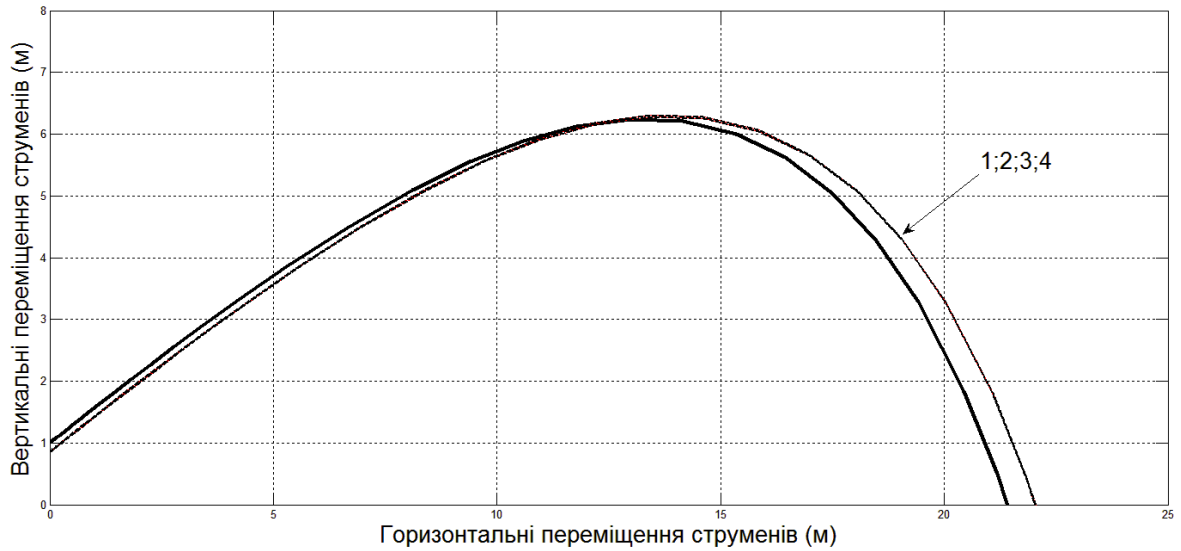


Рисунок 2.16 – Траєкторії переміщень струменів піни різної кратності

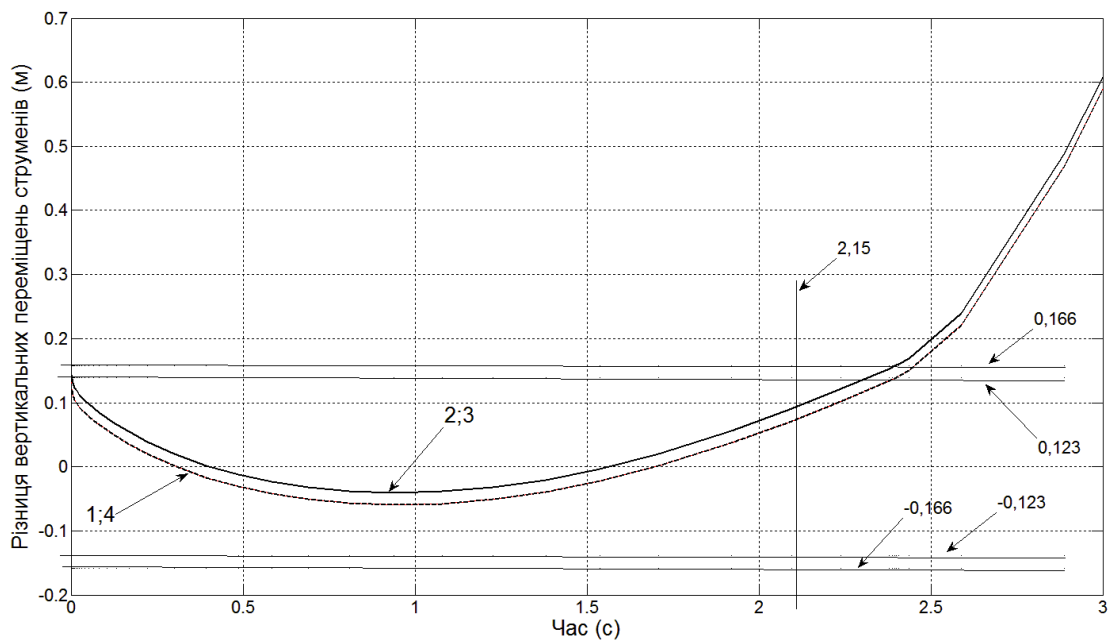


Рисунок 2.17 – Режими сумісного руху струменів піни різної кратності

Як видно із аналізу рис. 2.16 це призвело до зростання ефективності транспортування піни середньої кратності приблизно на 10%. Аналіз рисунку 2.17

вказує на постійну взаємодію струменів піни низької кратності із центральним струменем піни середньої кратності.

Порівняння ефективності трьох конструктивних схем відображено на рис. 2.18. Штрих-пунктирна лінія 1 відображає траєкторію піни середньої кратності у випадку використання першої конструктивної схеми, штрихова лінія – у випадку другої схеми, а суцільна – третьої. Як видно із аналізу рисунка, самою ефективною з точки зору дальності польоту є третя схема, а ефективність двох попередніх схем є практично однаковою.

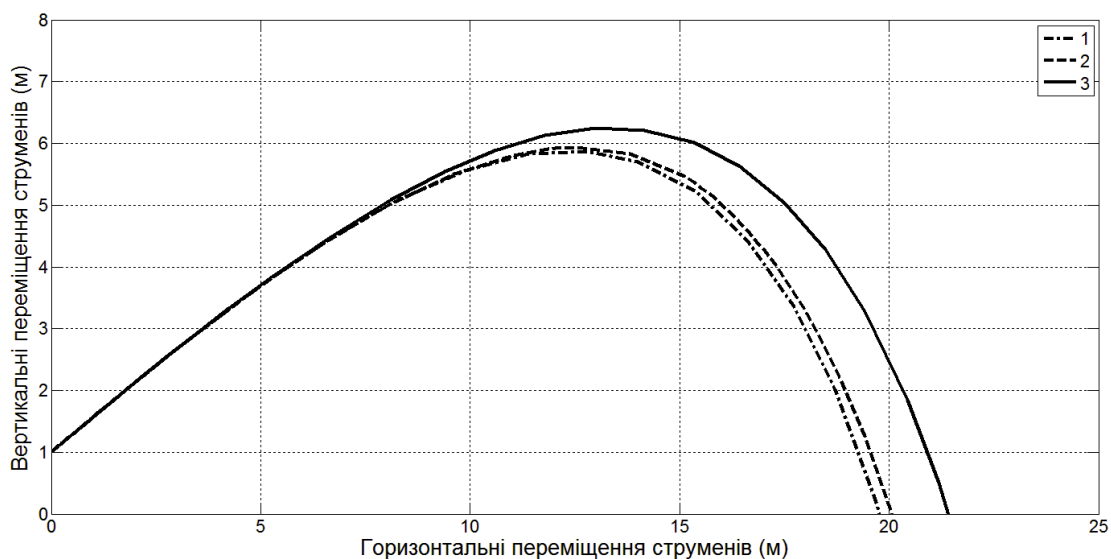


Рисунок 2.18 – Траєкторії переміщень струменів піни середньої кратності

2.3. Дослідження впливу вітру на траєкторію узагальненого струменя

2.3.1. Врахування зустрічних повітряних потоків

Із візуального аналізу запропонованих конструктивних схем розміщення струменів повітряно-механічної піни різної кратності можна зробити висновок, що третя конструктивна схема буде самою ефективною з точки зору стійкості до дії зустрічного вітру.

Для дослідження цього процесу в систему рівнянь 2.13 введемо швидкість вітру V в горизонтальну складову швидкості струменів та отримаємо систему рівнянь 2.14.

$$\begin{aligned}
& \ddot{x}_0 + \alpha_0 \cdot (\dot{x}_0 + k \cdot V) \cdot ((\dot{x}_0 + k \cdot V)^2 + \dot{y}_0^2)^{1/2} + \beta_1 \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_1) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_1)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_1)^2)^{1/2} + \\
& + \beta_2 \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_2) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_2)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_2)^2)^{1/2} + \beta_3 \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_3) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_3)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_3)^2)^{1/2} + \\
& + \beta_4 \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_4) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_4)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_4)^2)^{1/2} = 0 \\
& \ddot{y}_0 + \alpha_0 \cdot \dot{y}_0 \cdot ((\dot{x}_0 + k \cdot V)^2 + \dot{y}_0^2)^{1/2} + \beta_1 \cdot (\dot{y}_0 - \dot{y}_1) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_1)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_1)^2)^{1/2} + \\
& + \beta_2 \cdot (\dot{y}_0 - \dot{y}_2) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_2)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_2)^2)^{1/2} + \beta_3 \cdot (\dot{y}_0 - \dot{y}_3) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_3)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_3)^2)^{1/2} + \\
& + \beta_4 \cdot (\dot{y}_0 - \dot{y}_4) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_4)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_4)^2)^{1/2} = -g \\
& \ddot{x}_1 + \alpha_1 \cdot (\dot{x}_1 + k \cdot V) \cdot ((\dot{x}_1 + k \cdot V)^2 + \dot{y}_1^2)^{1/2} - \beta_1 \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_1) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_1)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_1)^2)^{1/2} = 0 \\
& \ddot{y}_1 + \alpha_1 \cdot \dot{y}_1 \cdot ((\dot{x}_1 + k \cdot V)^2 + \dot{y}_1^2)^{1/2} - \beta_1 \cdot (\dot{y}_0 - \dot{y}_1) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_1)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_1)^2)^{1/2} = -g \\
& \ddot{x}_2 + \alpha_2 \cdot (\dot{x}_2 + k \cdot V) \cdot ((\dot{x}_2 + k \cdot V)^2 + \dot{y}_2^2)^{1/2} - \beta_2 \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_2) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_2)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_2)^2)^{1/2} = 0 \\
& \ddot{y}_2 + \alpha_2 \cdot \dot{y}_2 \cdot ((\dot{x}_2 + k \cdot V)^2 + \dot{y}_2^2)^{1/2} - \beta_2 \cdot (\dot{y}_0 - \dot{y}_2) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_2)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_2)^2)^{1/2} = -g \\
& \ddot{x}_3 + \alpha_3 \cdot (\dot{x}_3 + k \cdot V) \cdot ((\dot{x}_3 + k \cdot V)^2 + \dot{y}_3^2)^{1/2} - \beta_3 \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_3) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_3)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_3)^2)^{1/2} = 0 \\
& \ddot{y}_3 + \alpha_3 \cdot \dot{y}_3 \cdot ((\dot{x}_3 + k \cdot V)^2 + \dot{y}_3^2)^{1/2} - \beta_3 \cdot (\dot{y}_0 - \dot{y}_3) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_3)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_3)^2)^{1/2} = -g \\
& \ddot{x}_4 + \alpha_4 \cdot (\dot{x}_4 + k \cdot V) \cdot ((\dot{x}_4 + k \cdot V)^2 + \dot{y}_4^2)^{1/2} - \beta_4 \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_4) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_4)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_4)^2)^{1/2} = 0 \\
& \ddot{y}_4 + \alpha_4 \cdot \dot{y}_4 \cdot ((\dot{x}_4 + k \cdot V)^2 + \dot{y}_4^2)^{1/2} - \beta_4 \cdot (\dot{y}_0 - \dot{y}_4) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_4)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_4)^2)^{1/2} = -g
\end{aligned} \tag{2.14}$$

Розв'язавши систему рівнянь 2.14 при початкових умовах, взятих із рис. 2.12 (третя схема) отримаємо розв'язки – переміщення та швидкості струменів при дії зустрічного (або попутного при зміні знаку V) вітру.

Траєкторії переміщення струменів при зустрічному вітрі швидкістю 5 м/с зображено на рис. 2.19.

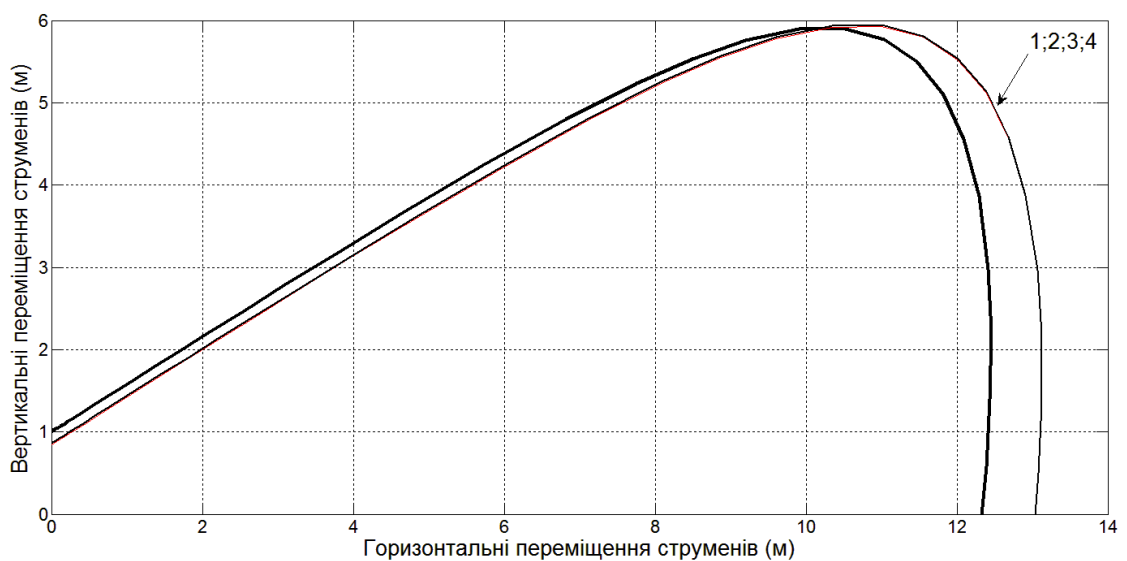


Рисунок 2.19 – Траєкторії переміщення струменів піни різної кратності при $V=5$ м/с

Як видно із аналізу рисунка, зустрічний вітер швидкістю 5 м/с є серйозною перепоною для пінних струменів, однак дальність польоту 12 м все ж таки вказує на можливість ефективного використання генератора для гасіння пожеж в умовах зустрічного вітру.

В роботі також проводились дослідження впливу зустрічного вітру на струмені, розташовані за іншими конструктивними схемами (рис. 2.20). Як видно із аналізу рисунка, схема 1 (рис. 2.5) має найменшу стійкість до зустрічного вітру, а схема 3 (рис. 2.15) є ефективнішою за схему 1 (рис. 2.5). Найефективнішою виявилась схема 2 (рис. 2.12).

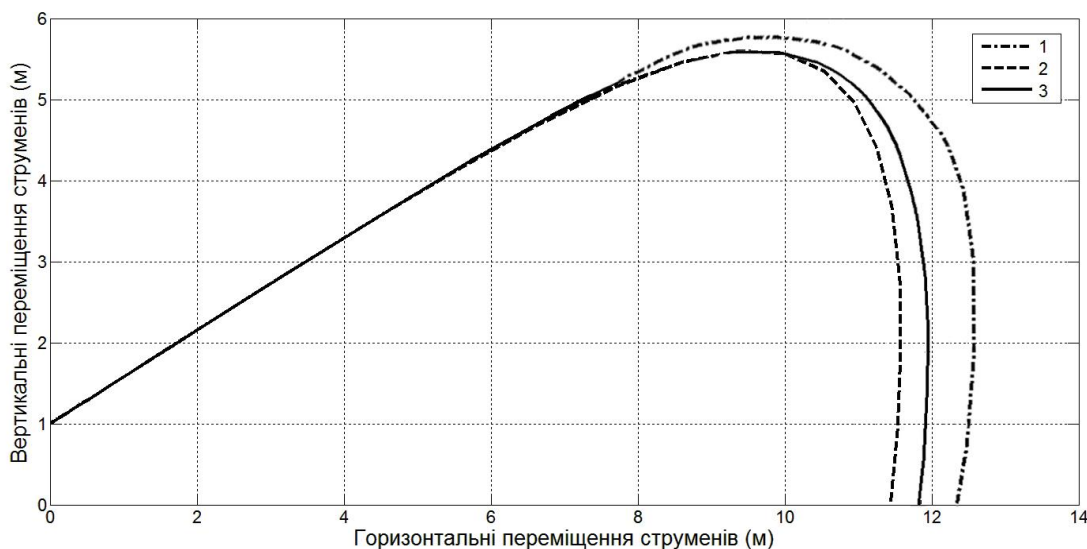


Рисунок 2.20 – Траєкторії переміщень струменів піни середньої кратності при $V=5$ м/с

2.3.2. Врахування бокових повітряних потоків

Для врахування дії бокового вітру в систему рівнянь 2.13 слід ввести ще одну координату – координату Z , що призведе до зростання кількості рівнянь, а вітер V тепер діятиме саме по цій координаті. Виконавши ці перетворення отримаємо систему диференціальних рівнянь 2.14.

$$\begin{aligned}
& \ddot{x}_0 + \alpha_0 \cdot \dot{x}_0 \cdot (\dot{x}_0^2 + \dot{y}_0^2 + (\dot{z}_0 + k \cdot V)^2)^{1/2} + \beta_1 \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_1) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_1)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_1)^2 + (z_0 - z_1)^2)^{1/2} + \\
& + \beta_2 \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_2) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_2)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_2)^2 + (z_0 - z_2)^2)^{1/2} + \\
& + \beta_3 \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_3) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_3)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_3)^2 + (z_0 - z_3)^2)^{1/2} + \\
& + \beta_4 \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_4) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_4)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_4)^2 + (z_0 - z_4)^2)^{1/2} = 0 \\
& \ddot{y}_0 + \alpha_0 \cdot \dot{y}_0 \cdot (\dot{x}_0^2 + \dot{y}_0^2 + (\dot{z}_0 + k \cdot V)^2)^{1/2} + \beta_1 \cdot (\dot{y}_0 - \dot{y}_1) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_1)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_1)^2 + (z_0 - z_1)^2)^{1/2} + \\
& + \beta_2 \cdot (\dot{y}_0 - \dot{y}_2) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_2)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_2)^2 + (z_0 - z_1)^2)^{1/2} + \\
& + \beta_3 \cdot (\dot{y}_0 - \dot{y}_3) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_3)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_3)^2 + (z_0 - z_1)^2)^{1/2} + \\
& + \beta_4 \cdot (\dot{y}_0 - \dot{y}_4) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_4)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_4)^2 + (z_0 - z_1)^2)^{1/2} = -g \\
& \ddot{z}_0 + \alpha_0 \cdot (\dot{z}_0 + k \cdot V) \cdot (\dot{x}_0^2 + \dot{y}_0^2 + (\dot{z}_0 + k \cdot V)^2)^{1/2} + \beta_1 \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_1) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_1)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_1)^2 + (z_0 - z_1)^2)^{1/2} + \\
& + \beta_2 \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_2) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_2)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_2)^2 + (z_0 - z_2)^2)^{1/2} + \\
& + \beta_3 \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_3) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_3)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_3)^2 + (z_0 - z_3)^2)^{1/2} + \\
& + \beta_4 \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_4) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_4)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_4)^2 + (z_0 - z_4)^2)^{1/2} = 0 \tag{2.15} \\
& \ddot{x}_1 + \alpha_1 \cdot \dot{x}_1 \cdot (\dot{x}_1^2 + \dot{y}_1^2 + (\dot{z}_1 + k \cdot V)^2)^{1/2} - \beta_1 \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_1) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_1)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_1)^2 + (z_0 - z_1)^2)^{1/2} = 0 \\
& \ddot{y}_1 + \alpha_1 \cdot \dot{y}_1 \cdot (\dot{x}_1^2 + \dot{y}_1^2 + (\dot{z}_1 + k \cdot V)^2)^{1/2} - \beta_1 \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_1) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_1)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_1)^2 + (z_0 - z_1)^2)^{1/2} = -g \\
& \ddot{z}_1 + \alpha_1 \cdot \dot{z}_1 \cdot (\dot{x}_1^2 + \dot{y}_1^2 + (\dot{z}_1 + k \cdot V)^2)^{1/2} - \beta_1 \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_1) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_1)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_1)^2 + (z_0 - z_1)^2)^{1/2} = 0 \\
& \ddot{x}_2 + \alpha_2 \cdot \dot{x}_2 \cdot (\dot{x}_2^2 + \dot{y}_2^2 + (\dot{z}_2 + k \cdot V)^2)^{1/2} - \beta_2 \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_2) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_2)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_2)^2 + (z_0 - z_2)^2)^{1/2} = 0 \\
& \ddot{y}_2 + \alpha_2 \cdot \dot{y}_2 \cdot (\dot{x}_2^2 + \dot{y}_2^2 + (\dot{z}_2 + k \cdot V)^2)^{1/2} - \beta_2 \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_2) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_2)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_2)^2 + (z_0 - z_2)^2)^{1/2} = -g \\
& \ddot{z}_2 + \alpha_2 \cdot (\dot{z}_2 + k \cdot V) \cdot (\dot{x}_2^2 + \dot{y}_2^2 + (\dot{z}_2 + k \cdot V)^2)^{1/2} - \beta_2 \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_2) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_2)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_2)^2 + (z_0 - z_2)^2)^{1/2} = 0 \\
& \ddot{x}_3 + \alpha_3 \cdot \dot{x}_3 \cdot (\dot{x}_3^2 + \dot{y}_3^2 + (\dot{z}_3 + k \cdot V)^2)^{1/2} - \beta_3 \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_3) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_3)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_3)^2 + (z_0 - z_3)^2)^{1/2} = 0 \\
& \ddot{y}_3 + \alpha_3 \cdot \dot{y}_3 \cdot (\dot{x}_3^2 + \dot{y}_3^2 + (\dot{z}_3 + k \cdot V)^2)^{1/2} - \beta_3 \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_3) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_3)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_3)^2 + (z_0 - z_3)^2)^{1/2} = -g \\
& \ddot{z}_3 + \alpha_3 \cdot (\dot{z}_3 + k \cdot V) \cdot (\dot{x}_3^2 + \dot{y}_3^2 + (\dot{z}_3 + k \cdot V)^2)^{1/2} - \beta_3 \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_3) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_3)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_3)^2 + (z_0 - z_3)^2)^{1/2} = 0 \\
& \ddot{x}_4 + \alpha_4 \cdot \dot{x}_4 \cdot (\dot{x}_4^2 + \dot{y}_4^2 + (\dot{z}_4 + k \cdot V)^2)^{1/2} - \beta_4 \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_4) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_4)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_4)^2 + (z_0 - z_4)^2)^{1/2} = 0 \\
& \ddot{y}_4 + \alpha_4 \cdot \dot{y}_4 \cdot (\dot{x}_4^2 + \dot{y}_4^2 + (\dot{z}_4 + k \cdot V)^2)^{1/2} - \beta_4 \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_4) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_4)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_4)^2 + (z_0 - z_4)^2)^{1/2} = -g \\
& \ddot{z}_4 + \alpha_4 \cdot (\dot{z}_4 + k \cdot V) \cdot (\dot{x}_4^2 + \dot{y}_4^2 + (\dot{z}_4 + k \cdot V)^2)^{1/2} - \beta_4 \cdot (\dot{x}_0 - \dot{x}_4) \cdot ((\dot{x}_0 - \dot{x}_4)^2 + (\dot{y}_0 - \dot{y}_4)^2 + (z_0 - z_4)^2)^{1/2} = 0
\end{aligned}$$

Як і в попередньому випадку, розв'язки системи рівнянь 2.15 при початкових умовах, взятих із рис. 2.15 (третя схема) – переміщення та швидкості струменів при дії бокового вітру в координатах X–Y–Z.

Траєкторії переміщення струменів в координатах Y–Z при дії бокового вітру швидкістю 5 м/с зображено на рис. 2.21.

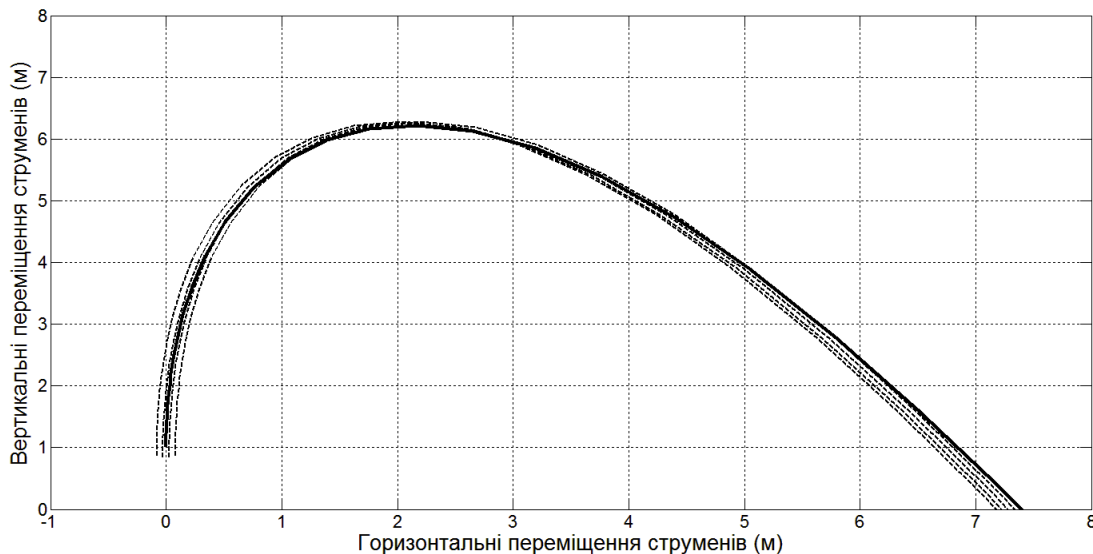


Рисунок 2.21 – Траєкторії переміщень струменів піни різної кратності при $V=5$ м/с

Як видно із аналізу рис. 2.21, боковий вітер швидкістю 5 м/с зносить струмені вбік (по Z) на величину близько 7 м. Причому на графіку видно, що дещо далі зноситься струмінь піни середньої кратності, а струмені піни низької кратності зносяться дещо менше, що є цілком закономірним явищем.

Теоретичні дослідження проводились також і для інших конструктивних схем і дали також несподіваний результат (рис. 2.22).

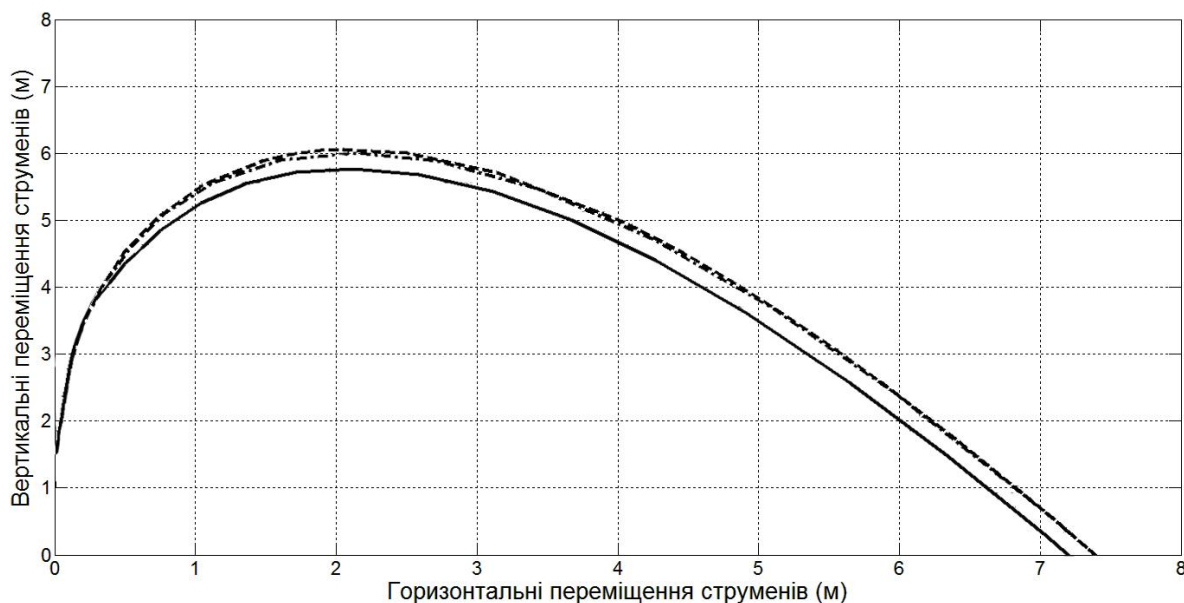


Рисунок 2.22 – Траєкторії переміщень струменів піни середньої кратності при $V=5$ м/с

Отже, із запропонованих трьох конструктивних схем, найефективнішою виявилась друга схема (рис. 2.12).

Враховуючи підвищені витрати піноутворювача, проведемо дослідження третьої схеми розташування струменів із трьома струменями піни низької кратності (рис. 2.23 а).

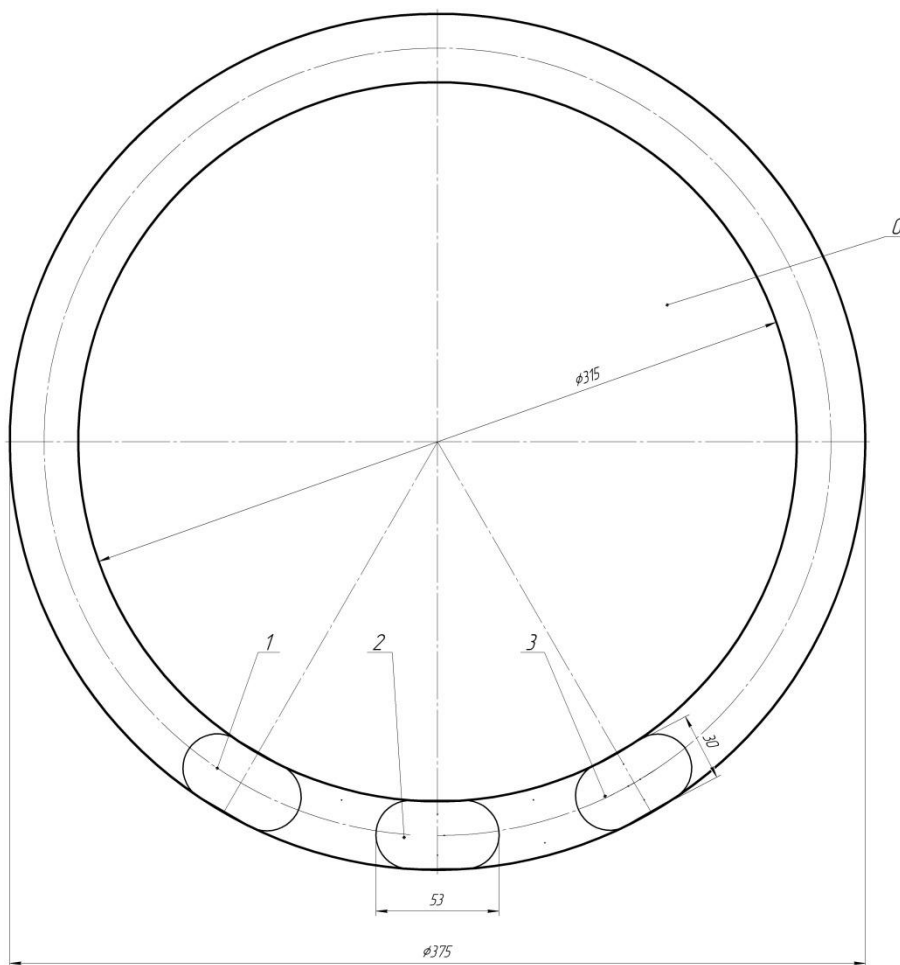


Рисунок 2.23 а) – Схема розташування струменів піни різної кратності

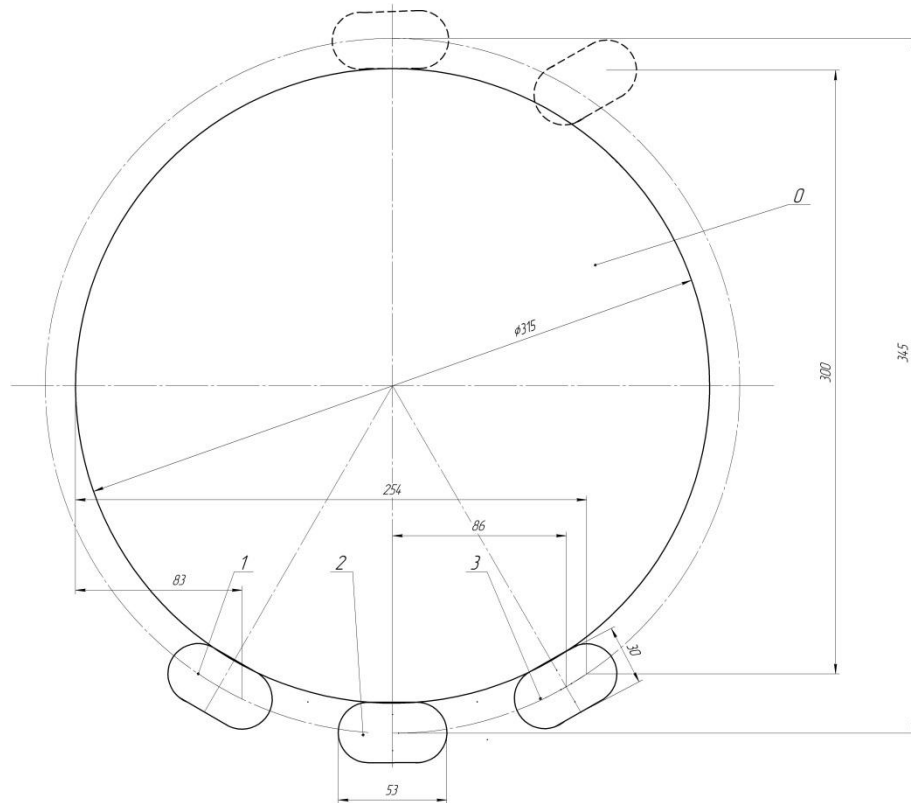


Рисунок 2.23 б) – Схема розташування струменів пini різної кратності
(координати)

Підставивши в систему диференціальних рівнянь (2.13) початкові і граничні умови із рис. 2.23 б) та прирівнявши $\beta_4=0$, одержимо розв'язки для трьох струменів пini низької кратності та одного – середньої (рис. 2.25).

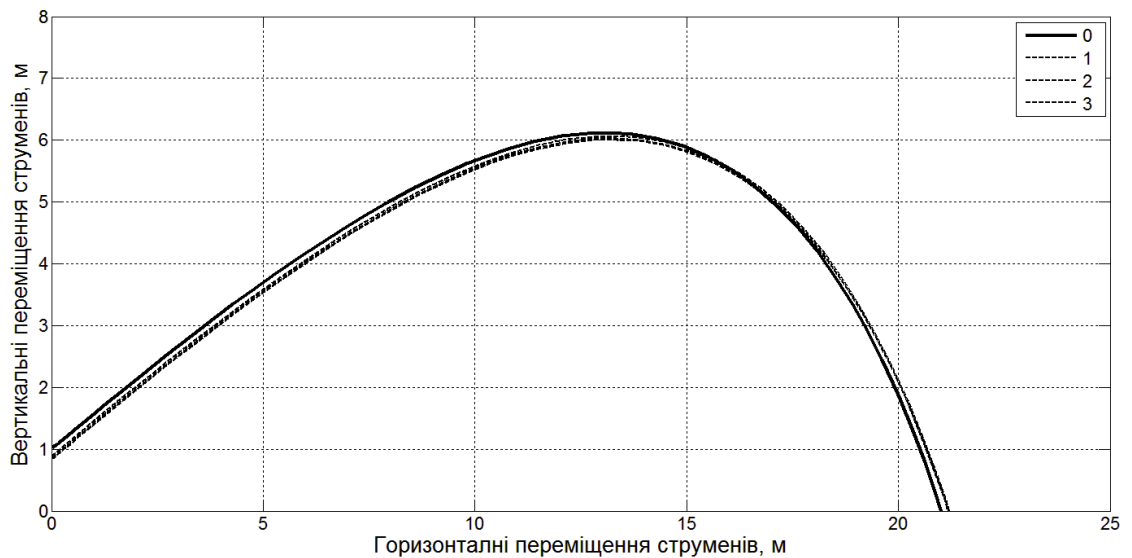


Рисунок 2.24 – Траєкторії переміщень струменів пini різної кратності:
(0 – пина середньої кратності; 1,2,3 – пина низької кратності)

Як видно із рисунка, дальність польоту такого струменя зменшилась на 0,7м.

Для подальших досліджень ефективності, розглянемо схему із двома струменями піни низької кратності (рис. 2.25 а).

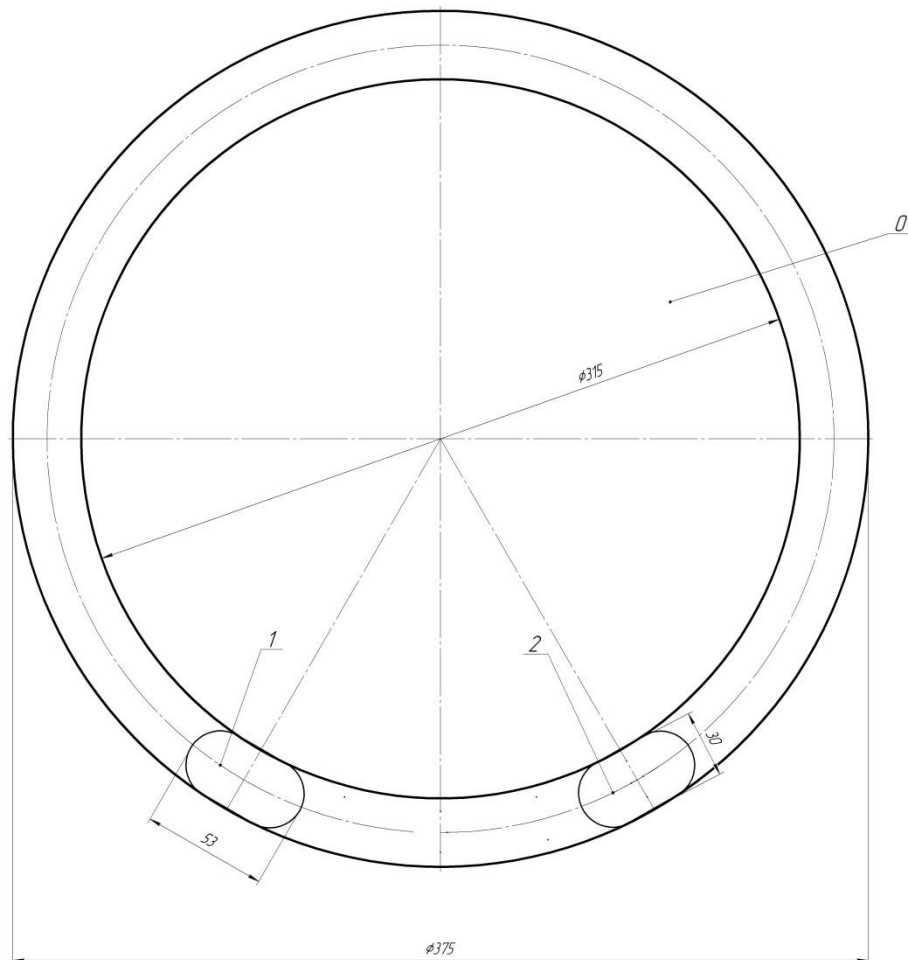


Рисунок 2.25 а) – Схема розташування струменів піни різної кратності

Підставивши в систему диференціальних рівнянь (2.13) початкові і граничні умови із рис. 2.25 б) та прирівнявши $\beta_3=\beta_4=0$, одержимо розв'язки для двох струменів піни низької кратності та одного – середньої (рис. 2.26).

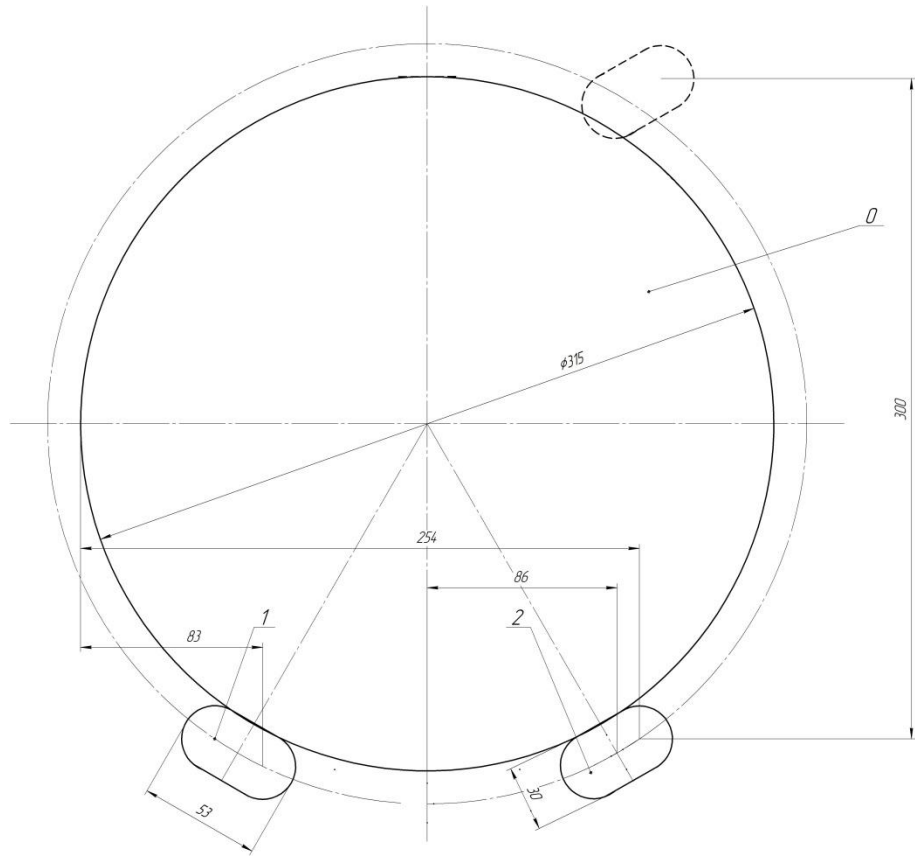


Рисунок 2.25 б) – Схема розташування струменів піни різної кратності
(координати)

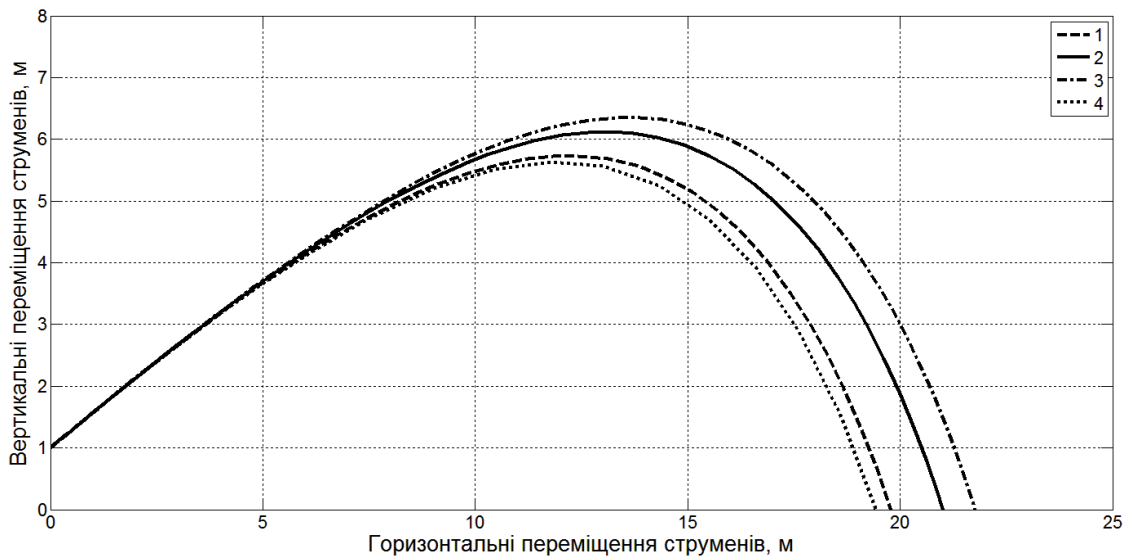


Рисунок 2.26 – Траєкторії переміщень струменів піни середньої кратності:
(1 – два струмені; 2 – три струмені; 3 – чотири струмені; 4 – два (круглих
($\beta=7,3$) струмені)

Як видно із рис. 2.26, використання трьох струменів піни низької кратності замість чотирьох призводить до зменшення дальності польоту струменя на 3% (0,7 м).

Подальше зменшення кількості струменів (до двох) призводить до більш помітного зменшення ефективності (5,3 %; 1,1 м). Дана схема розташування струменів досліджувалась теоретично та експериментально в роботі [73], де було виявлено значну фрагментацію (втрати піни середньої кратності в процесі польоту).

На рис. 2.26 (крива 4) відображено теоретичне значення польоту таких струменів. Як видно із рисунка, зміна поперечного січення струменя із круглого на овальний в даному випадку збільшує дальність польоту приблизно на 2%. Однак у випадку збільшення кількості струменів, величина польоту зростатиме, також це призведе до зменшення фрагментації.

Отже, враховуючи вплив бокового вітру на дальність польоту струменя, найбільш доцільною є друга схема розташування струменів (рис.2.12).

2.4. Висновки за розділом

1. За результатами математичного моделювання процесу взаємодії струменів повітряно-механічної піни різної кратності встановлено, що у фазі сумісного польоту струменів відбувається обмін їх кінетичними енергіями. Струмін з більшою енергією гальмується струменем з меншою енергією, завдяки чому струмін з меншою енергією розганяється. Якщо б ця фаза сумісного польоту тривала достатньо довго, то значення кінетичної енергії обох струменів вирівнялися б і надалі існував би лише один узагальнений струмін. Однак, існує і друга фаза – фаза окремого польоту струменів, коли струмін піни середньої кратності падає нижче струменів піни низької кратності і обмін енергією не відбувається. Як відомо, за сумісного руху струменів вони змішуються між собою і процес взаємодії носить турбулентний характер, що важко змоделювати математично, тому, у випадку моделювання взаємодії струменів між собою внаслідок сил в'язкості, необхідно використовувати середні значення коефіцієнтів динамічної в'язкості пінних струменів та середні значення їх питомих густин.

2. Застосування трьох струменів піни низької кратності з витратою 1,5 л/с кожний в генераторі комбінованої піни з одним струменем піни середньої кратності з витратою 6,0 л/с, замість чотирьох, зменшує дальність польоту комбінованої піни на 3% (0,7 м). Подальше зменшення кількості струменів (до двох) призводить до більш помітного зменшення дальності (5,3 %; 1,1 м) та зменшення кратності піни узагальненого струменя комбінованої піни через значну фрагментацію (втрату піни середньої кратності в процесі польоту).

4. Вітер зі швидкістю 5 м/с є значною перешкодою для пінних струменів, що знижує дальність польоту комбінованого струменя з 18,5м до 12 м.

5. Найбільшу дальність подавання комбінованої піни забезпечила конструктивна схема із розміщенням чотирьох струменів піни низької кратності знизу струменя піни середньої кратності. Але враховуючи стійкість до бокових повітряних потоків, що в умовах пожежі є надзвичайно важливим, в подальших дослідженнях буде використовуватися схема з розміщенням чотирьох струменів піни низької кратності – по 2 зверху та знизу.

РОЗДІЛ 3

МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Методика проведення досліджень з виявлення впливу геометричних параметрів сітки на кратність згенерованої піни

Проаналізувавши публікації щодо конструкції піногенераторів середньої кратності було виявлено, що дослідження оптимального розміру вічок сіток піногенераторів не проводились. Для піногенераторів типів ГПС-100, ГПС-200, ГПС-600 та «Пурга-5» використовуються сітки з розміром вічка 1 мм. Для піногенераторів, що використовуються для визначення кратності піни, відповідно до ДСТУ 3789–98 «Піноутворювачі загального призначення для гасіння пожеж. Загальні технічні вимоги і методи випробувань» [94], розмір вічка сітки взагалі не зазначений, хоча на практиці використовується сітка з розміром вічка 0,8 мм. Тому актуальною є проблема встановлення залежності кратності генерованої піногенераторами піни від розміру вічка їх сіток.

Метою дослідження є встановлення залежності кратності повітряно-механічної піни від розміру вічка сітки піногенератора, діаметра прутка сітки піногенератора, кута розкриття розпилувача та встановити оптимальні параметри сітки для отримання піни середньої кратності і забезпечення відтворюваності випробувань щодо визначення кратності піни.

Для визначення кратності і стійкості піни середньої кратності використовують установку (рис. 3.1), до комплекту якої входять:

- випробувальний прилад типу вогнегасника місткістю корпусу не менше ніж 10 дм³;
- ствол-генератор піни середньої кратності з розпилувачем (Додаток А, рисунок А.1), який забезпечує витрату розчину (66 ± 3) см³/с у разі створення тиску у корпусі випробувального приладу типу вогнегасника від 0,55 МПа до 0,60 МПа (це приблизно відповідає тиску перед стволом-генератором піни від 0,50 МПа до 0,55 МПа);
- з'єднувальні шланги з внутрішнім діаметром не менше 10 мм;

– балон зі стисненим повітрям з редуктором або компресор для створення тиску у корпусі випробувального приладу типу вогнегасника;

– манометр, згідно з ГОСТ 2405 з границею вимірювання не менше ніж 1,0 МПа (10 кгс/см²) і ціною поділки не більше ніж 0,02 МПа (0,2 кгс/см²).

Для збирання піни використовують металеву посудину (пінозбирач) місткістю (200 ± 10) дм³, встановлену на раму.

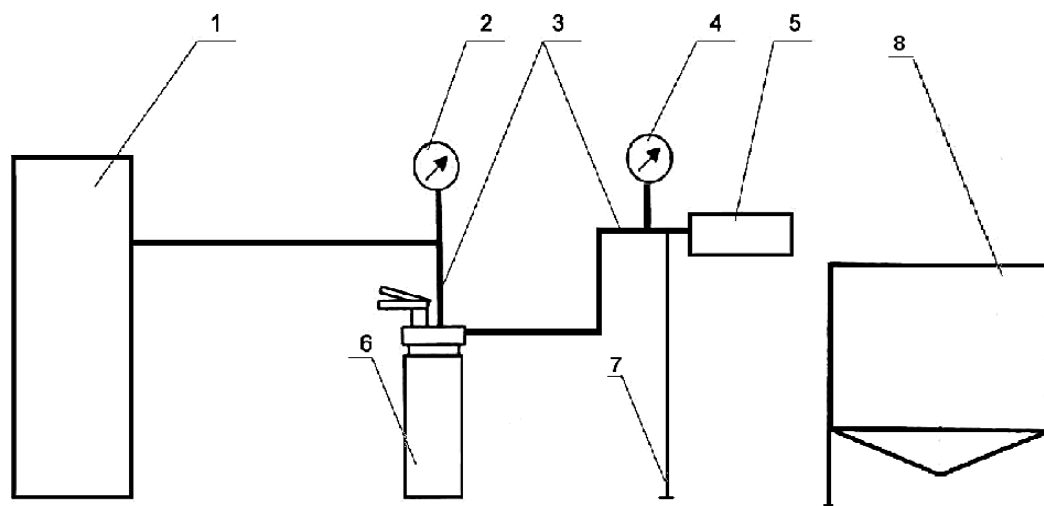


Рисунок 3.1 – Схема установки для визначення кратності і стійкості піни середньої кратності

Під час дослідів використовують такі засоби вимірювальної техніки:

– мірний циліндр 1-2000, згідно з ГОСТ 1770 з ціною поділки 20 см³;

– ваги, згідно з ГОСТ 29329 з границею зважування не менше ніж 50 кг з похибкою зважування не більше ніж 0,05 кг;

– термометр, згідно з ГОСТ 28498 з діапазоном вимірювання від 0 °С до 50 °С і ціною поділки не більше ніж 0,5 °С;

– секундомір з границею вимірювання часу не менше ніж 1800 с, ціною поділки не більше ніж 0,2 с і похибкою вимірювання не більше ніж 0,2 с, який відповідає НД, погодженій встановленим порядком;

– попередньо відкалібровану мірну посудину (наприклад, металеве відро) місткістю не менше ніж 10 дм³ з ціною поділки не більше ніж 1 дм³.

Для приготування робочого розчину піноутворювача використовують воду питну, згідно з ГОСТ 2874 із загальною твердістю не більше ніж 7 мг-екв/дм³, і

мірну посудину місткістю не менше ніж 10 дм³. Твердість води, відібраної з одного й того самого джерела, може суттєво різнитися у різні пори року. Оскільки цей показник якості може суттєво впливати на показники кратності, стійкості і вогнегасної ефективності піни, у разі виникнення сумнівів необхідно проконтролювати твердість води.

У мірній посудині готують 10 дм³ робочого розчину піноутворювача, ретельно перемішуючи піноутворювач і воду, взяті у відповідних кількостях. Перед кожною серією дослідів визначають температуру робочого розчину піноутворювача, яка має бути у межах $(17,5 \pm 2,5)$ °С. Заливають приготовлений розчин піноутворювача до корпусу випробувального приладу типу вогнегасника і встановлюють запірнопускову арматуру. З метою уникнення інтенсивного спінювання допускається готувати робочий розчин піноутворювача, заливаючи розрахункову кількість води і піноутворювача у випробувальний прилад типу вогнегасника, за умови проведення подальшого ретельного перемішування.

На ваги встановлюють металеву раму. На рамі розміщують посудину для збирання піни, під центр посудини ставлять мірний циліндр, куди буде стікати рідина, що буде виділятися з піни. Зважують разом посудину для збирання піни з рамою та циліндром і визначають їх загальну масу у кілограмах.

Відкривають вентиль редуктора і встановлюють тиск повітря у випробувальному приладі типу вогнегасника приблизно на 0,05 МПа (0,5 кгс/см²) вище за задане значення. Подають піну у сторонню посудину до моменту встановлення заданого тиску, за необхідності регулюючи його редуктором. Після стабілізації тиску і форми пінного струменя заповнюють піною посудину, зважують раму, циліндр і посудину з піною і визначають їх загальну масу в кілограмах. Під час заповнення посудини слідкують, щоб піна рівномірно заповнювала весь об'єм і не утворювала порожнин.

Кратність піни K розраховують за формулою:

$$K = \frac{V_n \cdot \rho_p}{m_2 - m_1}, \quad (1)$$

Де V_n – об'єм піни, що дорівнює внутрішньому об'єму пінозбирача, дм³;

ρ_p – густина робочого розчину піноутворювача, кг/дм³;

m_1 – сумарна маса підставки, циліндру і пінозбирача, кг;

m_2 – сумарна маса підставки, циліндру і пінозбирача з піною, кг.

Густина робочого розчину піноутворювача приймають 1,00 кг/дм³.

Після рівномірного заповнення посудини піною фіксують тривалість виділення з неї 50 % від об'єму витраченого робочого розчину піноутворювача (його визначають за різницею мас $m_2 - m_1$). Визначений проміжок часу є мірою стійкості піни.

За результат випробовування приймають середнє арифметичне двох дослідів. Допустима розбіжність між результатами дослідів, одержаними одним оператором за постійних умов випробовування за довірчої імовірності 0,95, не повинна перевищувати ± 10 % відносно середнього арифметичного значення. Якщо розбіжність між результатами дослідів перевищує вказане значення, потрібно провести додаткові досліди для визначення остаточного результату.

Описана вище методика послідовно застосовувалась для сіток піногенератора з розміром сторони їх квадратного вічка 0,6; 0,8; 1,0; 1,5 мм. Кожен дослід повторювався по 3 рази.

3.2. Методика проведення досліджень з виявлення впливу кратності повітряно-механічної піни на її вогнегасну ефективність

Суть запропонованих методик полягає у гасінні модельних вогнищ пожежі окремо класу А та класу В послідовно піною низької, середньої кратності, а також їх комбінацією з однаковими витратами (інтенсивністю подавання) робочих розчинів піноутворювачів загального призначення. За показник вогнегасної ефективності (кг/м²) вважали масу витраченого робочого розчину піноутворювача загального призначення, віднесену до одиниці поверхонь горіння модельних вогнищ.

Гасіння модельного вогнища пожежі класу А піною низької кратності:

Відомості про засоби вимірювальної техніки (ЗВТ), які використовувались при проведенні досліджень, наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Засоби вимірювальної техніки для проведення досліджень

№ з/п	Найменування ЗВТ	Заводськ ий номер	Діапазон вимірювання	Клас точності або похибка
1	2	3	4	5
1	Секундомір СОСпр-26-2-010	0263	від 0,2 с до 60 с від 60 с до 3600 с	$\pm (0,4 \times \tau_{\text{вим}} / 60) \text{ с};$ $\pm (0,4 + 1,5 \times$ $\times (\tau_{\text{вим}} - 60) / 3540)$
2	Термометр ТЛ-6	б/н	від 0 до 60 °С	$\pm 0,5 \text{ °С}$
3	Термометр ТЛ-2	62	від -30 °С до 70 °С	$\pm 0,1 \text{ °С}$
4	Циліндр мірний	б/н	від 20 см ³ до 250 см ³	$\pm 1 \text{ см}^3$
5	Циліндр мірний	б/н	від 200 см ³ до 2000 см ³	$\pm 20 \text{ см}^3$
6	Циліндр мірний	б/н	від 200 см ³ до 5000 см ³	$\pm 50 \text{ см}^3$
7	Ваги лабораторні рівноплічні ВР-200г-М	788	від 0,00005 г до 200 г	$\pm 0,00005 \text{ г}$
8	Ваги електронні ACS-30С	9753	від 0 до 15 кг від 15 кг до 30 кг	$\pm 0,005 \text{ кг}$ $\pm 0,010 \text{ кг}$
9	рН-метр-мілівольтметр рН- 673	01745521	від 0 до 14	$\pm 0,05$
10	Віскозиметр ВПЖ-1	1004	–	–
11	Ареометр загального призначення АОН-1	78	від 1000 кг/м ³ до 1060 кг/м ³	$\pm 1 \text{ кг/м}^3$
12	Анемометр чашковий АРІ- 54	б/н	від 1 м/с до 3 м/с	$\pm 0,1 \text{ м/с}$
13	Психрометр МВ-4М	14635	від -10 °С до +50 °С; від 10 % до 100 %	$\pm 0,2 \text{ °С}; \pm 4 \%$
14	Барометр-анероїд М67	909	від 600 мм рт. ст. до 800 мм рт. ст	$\pm 1 \text{ мм рт. ст.}$

Модельним вогнищем пожежі класу А є дерев'яний штабель. Штабель розміщують на двох сталевих кутниках, згідно з ГОСТ 8510, які встановлено на бетонних блоках або жорстких металевих опорах таким чином, щоб відстань від основи штабеля до підлоги становила 250 мм \pm 10 мм.

У якості горючого матеріалу використовують бруски із звичайної сосни не нижче 3 сорту за ГОСТ 9685. Вологість деревини повинна бути в межах від 10% до 14%. Методи контролю вологості деревини, згідно з ГОСТ 16588. Бруски, що утворюють зовнішні грані штабеля, можна з'єднувати скобами або цвяхами. Штабель викладають таким чином, щоб бруски кожного наступного шару були перпендикулярні до брусків попереднього шару. При цьому по всьому об'єму повинні утворитися канали прямокутного перерізу. Металеве деко з горючою рідиною, розташовується під штабелем і призначене для його запалювання. Схематичне зображення та характеристики модельного вогнища пожежі класу А наведені на рис. 3.2 та таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Розміри модельного вогнища класу 1А.

Позначення модельного вогнища пожежі	Загальна схема модельного вогнища пожежі	Розміри дека для підпалу, Мм	Об'єм бензину для підпалу
1А	12 шарів по 6 брусків. Поперечний переріз бруска $(39\pm 1)\text{мм} \times (39\pm 1)\text{мм}$. Довжина бруска 500мм.	400X400X100	1.1

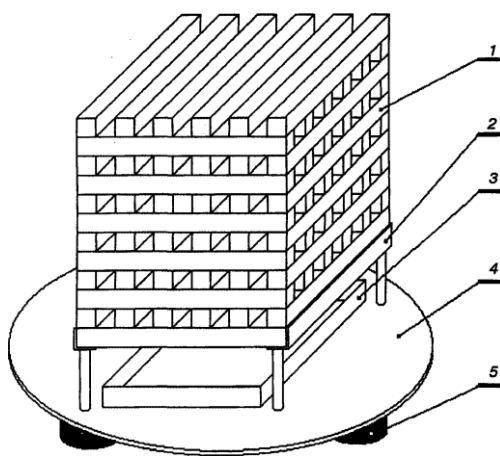


Рисунок 3.2 – Схематичне зображення модельного вогнища пожежі класу А

Для генерування піни використовувалась модернізована установка відповідно до ДСТУ 3789-98 [94], яка зображена на рис. 3.3.

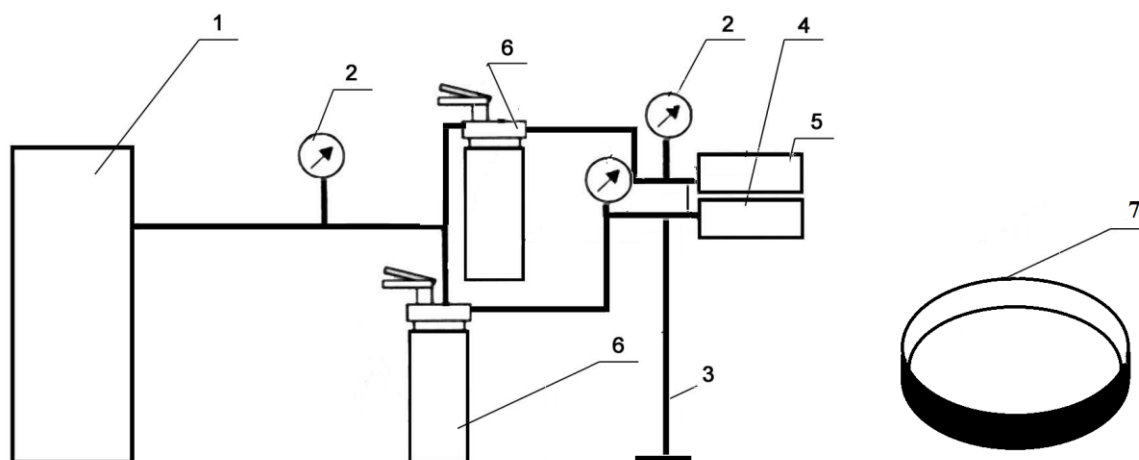


Рисунок 3.3 – Схема установки для визначення вогнегасної ефективності піни різної кратності: 1 — компресор; 2 — манометр; 3 — штатив; 4,5 — піногенератори; 6— пристрої типу вогнегасника з робочим розчином піноутворювача загального призначення

В дослідах застосовувалися два спеціально виготовлених піногенератори низької кратності з вихідними отворами діаметрами по 1,8 мм кожний та однаковою витратою робочого розчину піноутворювача ($0,066 \pm 0,003$) л/с за тиску 0,6МПа. Для проведення дослідів вони з'єднувалися між собою в горизонтальній площині.

Піну низької кратності генерували з 6%-го робочого розчину піноутворювача загального призначення для гасіння пожеж “Альпен” виробництва ТОВ “Альхім” (Україна), ідентифікованого на відповідність вимогам ТУ У 24.6-32740136-001:2006 [95] та ДСТУ 3789-98 [94]. Густина піноутворювача за 20°C дорівнювала 1022 кг/м^3 ; кінематична в'язкість за 20°C – $3,4 \text{ мм}^2/\text{с}$; водневий показник рН - 7,86; показник змочувальної здатності – 0,5 с.

Модельне вогнище пожежі 1А формують згідно рис. 3.2. У деко заливають 1л води, а потім бензин А-92 об'ємом 1,1 л.

Підпалювання бензину в деці модельного вогнища здійснювалось факелом з довжиною ручки 2 м. Після $60 \text{ с} \pm 5 \text{ с}$ вільного горіння бензину деко забирається з

під штабеля. Вільне горіння штабеля продовжується до втрати 45% маси від початкової. Після цього оператор здійснює гасіння модельного вогнища пожежі подаючи на нього піну низької кратності, згенеровану двома генераторами. Тривалість гасіння не повинна перевищувати 120 с. Якщо цей проміжок часу перевищено, модельне вогнище вважається непогашеним. Повторне заповнення дека модельного вогнища водою та горючою рідиною проводять після його охолодження до температури, нижчої за температуру спалахування горючої рідини.

Гасіння вважається позитивним, якщо відбулося припинення горіння модельного вогнища, при цьому в ході його візуального огляду протягом перших 600 с зафіксована відсутність полум'яного горіння. Поява короточасних спалахів протягом цього періоду не береться до уваги.

Якщо під час досліджень штабелі модельного вогнища пожежі класу А розвалюється, випробування вважається недійсним і проводиться повторний дослід.

Показник «вогнегасна ефективність» піни низької кратності у разі гасіння модельних вогнищ пожежі 1А вважається підтвердженням за умов отримання двох позитивних результатів дослідів під час проведення серії з трьох паралельних.

Показник «вогнегасної ефективності» піни низької кратності Q_A , кг/м² розраховується за формулою:

$$Q_A = \frac{m_1 - m_2}{S},$$

де m_1 - маса корпусу випробувального пристрою типу вогнегасника з робочим розчином піноутворювача загального призначення до гасіння, кг;

m_2 - маса корпусу випробувального пристрою типу вогнегасника з робочим розчином піноутворювача загального призначення після гасіння, кг;

S - площа вільної поверхні модельного вогнища пожежі 1А, яка дорівнює 4,7 м².

Гасіння модельного вогнища пожежі класу 1А піною середньої кратності:

Під час досліджень використовуються такі ж самі засоби вимірювальної техніки, які описано на початку розділу в таблиці 3.2.

Для гасіння модельного вогнища пожежі класу 1А піною середньої кратності використовувалось модельне вогнище пожежі та методика, наведена вище для піни

низької кратності.

Для генерування піни використовувались два піногенератора середньої кратності, виготовлених за ДСТУ 3789-98 [94] з витратою розчину піноутворювача $(0,066 \pm 0,003)$ л/с за тиску $(0,50 \pm 0,02)$ МПа, з'єднані між собою в горизонтальній площині.

Показник «вогнегасної ефективності» піни середньої кратності Q_A , кг/м² розраховується за формулою:

$$Q_A = \frac{m_1 - m_2}{S},$$

де m_1 - маса корпусу випробувального пристрою типу вогнегасника з робочим розчином піноутворювача загального призначення до гасіння, кг;

m_2 - маса корпусу випробувального пристрою типу вогнегасника з робочим розчином піноутворювача загального призначення після гасіння, кг;

S - площа вільної поверхні модельного вогнища пожежі 1А, яка дорівнює 4,7 м².

Гасіння модельного вогнища пожежі класу 1А комбінованою піною:

Під час досліджень використовуються такі ж самі засоби вимірювальної техніки, які описано на початку розділу в таблиці 3.2.

Для гасіння модельного вогнища пожежі класу 1А комбінованою піною використовувалось модельне вогнище пожежі та методика, наведена вище для піни низької кратності.

В дослідях застосовувався спеціально виготовлений піногенератор низької кратності з вихідним отвором діаметрами по 1,8 мм витратою робочого розчину піноутворювача $(0,066 \pm 0,003)$ л/с за тиску 0,6МПа і піногенератор середньої кратності виготовлений за ДСТУ 3789-98 з витратою розчину піноутворювача $(0,066 \pm 0,003)$ л/с за тиску $(0,50 \pm 0,02)$ МПа, з'єднані між собою в горизонтальній площині, при цьому піна середньої кратності подавалась поверх піни низької кратності.

Показник «вогнегасної ефективності» комбінованої піни (середньої та низької кратності у співвідношенні 1:1 за масою) Q_A , кг/м² розраховується за формулою:

$$Q_A = \frac{m_1 - m_2}{S},$$

де m_1 - маса корпусу випробувального пристрою типу вогнегасника з робочим розчином піноутворювача загального призначення до гасіння, кг;

m_2 - маса корпусу випробувального пристрою типу вогнегасника з робочим розчином піноутворювача загального призначення після гасіння, кг;

S - площа вільної поверхні модельного вогнища пожежі 1А, яка дорівнює $4,7 \text{ м}^2$.

Гасіння модельного вогнища пожежі класу 55В піною низької кратності:

Під час досліджень використовуються такі ж самі засоби вимірювальної техніки, які описано на початку розділу в таблиці 3.2.

Випробовування проводять на відкритому повітрі за швидкості вітру поблизу модельного вогнища не більше ніж 3 м/с і температурі повітря від $10 \text{ }^\circ\text{C}$ до $25 \text{ }^\circ\text{C}$, температури робочого розчину піноутворювача ($17,5 \pm 2,5$) $^\circ\text{C}$ і температури пального ($17,5 \pm 2,5$) $^\circ\text{C}$. Якщо швидкість вітру перевищує вказане значення, то під час проведення дослідів допускається користуватися екранами чи іншими технічними пристроями для захисту від нього.

У мірній посудині готують 10 дм^3 робочого розчину піноутворювача, ретельно перемішуючи піноутворювач і воду, взяті у відповідних кількостях. Перед кожною серією дослідів визначають температуру робочого розчину піноутворювача, яка має бути у межах ($17,5 \pm 2,5$) $^\circ\text{C}$. Заливають приготовлений розчин піноутворювача до корпусу випробувального приладу типу вогнегасника і встановлюють запірнопускову арматуру. З метою уникнення інтенсивного спінювання допускається готувати робочий розчин піноутворювача, заливаючи розрахункову кількість води і піноутворювача у випробувальний прилад типу вогнегасника, за умови проведення подальшого ретельного перемішування. Готовим робочим розчином піноутворювача заповнюють випробувальні прилади типу вогнегасника.

Деко модельного вогнища пожежі встановлюють на рівній площині землі і заливають до нього (30 ± 1) дм^3 води і (55 ± 1) дм^3 пального. Пальне у деці підпалюють. Під час вільного горіння генератори піни низької кратності виносять із зони полум'я. Після (60 ± 5) с вільного горіння починають подавати піну з

навітряного боку на поверхню палаючої рідини із закріпленого на борті дека ствола-генератора. Фіксують тривалість гасіння, що дорівнює проміжку часу від початку подавання піни до припинення горіння. Закривають вентиль балона або від'єднують компресор і скидають тиск у корпусі випробувального приладу типу вогнегасника.

В дослідах застосовувалися два спеціально виготовлених піногенератора низької кратності з вихідними отворами діаметрами по 1,8 мм кожний та однаковою витратою робочого розчину піноутворювача ($0,066 \pm 0,003$) л/с за тиску 0,6МПа. Для проведення дослідів вони з'єднувалися між собою в горизонтальній площині.

Піну низької кратності генерували з 6%-го робочого розчину піноутворювача загального призначення для гасіння пожеж "Альпен" виробництва ТОВ "Альхім" (Україна), ідентифікованого на відповідність вимогам ТУ У 24.6-32740136-001:2006 [95] та ДСТУ 3789-98 [94]. Густина піноутворювача за 20°C дорівнювала 1022 кг/м³; кінематична в'язкість за 20°C – 3,4 мм²/с; водневий показник рН - 7,86; показник змочувальної здатності – 0,5 с.

Для проведення дослідів використовується схема установки для визначення вогнегасної ефективності піни різної кратності наведена на початку розділу (рис. 3.3).

Проводять три досліди. Результат вважається позитивним, якщо тривалість гасіння не перевищує 120 с. У разі позитивного результату гасіння під час перших двох дослідів третій дослід не проводять.

Показник «вогнегасної ефективності» піни низької кратності Q_B , кг/м² розраховують за формулою:

$$Q_B = \frac{m_1 - m_2}{S},$$

де m_1 - маса корпусу випробувального пристрою типу вогнегасника з робочим розчином піноутворювача загального призначення до гасіння, кг;

m_2 - маса корпусу випробувального пристрою типу вогнегасника з робочим розчином піноутворювача загального призначення після гасіння, кг;

S - площа вільної поверхні модельного вогнища пожежі 55В, яка дорівнює 1,73 м².

Гасіння модельного вогнища пожежі класу 55В піною середньої кратності:

Під час досліджень використовуються такі ж самі засоби виміральної техніки, які описано на початку розділу в таблиці 3.2.

Для гасіння модельного вогнища пожежі класу 55 В піною середньої кратності використовувалось модельне вогнище пожежі та методика, наведена вище для піни низької кратності.

Для генерування піни використовувались два піногенератора середньої кратності, виготовлених за ДСТУ 3789-98 з витратою розчину піноутворювача $(0,066 \pm 0,003)$ л/с за тиску $(0,50 \pm 0,02)$ МПа, з'єднані між собою в горизонтальній площині.

Для проведення дослідів використовується схема установки для визначення вогнегасної ефективності піни різної кратності наведена на початку розділу (рис. 3.3).

Показник «вогнегасної ефективності» піни середньої кратності Q_B , кг/м² за формулою:

$$Q_B = \frac{m_1 - m_2}{S},$$

де m_1 - маса корпусу випробувального пристрою типу вогнегасника з робочим розчином піноутворювача загального призначення до гасіння, кг;

m_2 - маса корпусу випробувального пристрою типу вогнегасника з робочим розчином піноутворювача загального призначення після гасіння, кг;

S - площа вільної поверхні модельного вогнища пожежі 55В, яка дорівнює 1,73 м².

Гасіння модельного вогнища пожежі класу 55В комбінованою піною:

Під час досліджень використовуються такі ж самі засоби виміральної техніки, які описано на початку розділу в таблиці 3.2.

Для гасіння модельного вогнища пожежі класу 55В комбінованою піною використовувалось модельне вогнище пожежі та методика, наведена вище для піни низької кратності.

В дослідах застосовувався спеціально виготовлений піногенератор низької

кратності з вихідним отвором діаметрами по 1,8 мм витратою робочого розчину піноутворювача $(0,066 \pm 0,003)$ л/с за тиску 0,6МПа і піногенератор середньої кратності виготовлений за ДСТУ 3789-98 з витратою розчину піноутворювача $(0,066 \pm 0,003)$ л/с за тиску $(0,50 \pm 0,02)$ МПа, з'єднані між собою в горизонтальній площині, при цьому піна середньої кратності подавалась поверх піни низької кратності.

Показник «вогнегасної ефективності» комбінованої піни (середньої та низької кратності у співвідношенні 1:1 за масою) Q_B , кг/м²:

$$Q_B = \frac{m_1 - m_2}{S},$$

де m_1 - маса корпусу випробувального пристрою типу вогнегасника з робочим розчином піноутворювача загального призначення до гасіння, кг;

m_2 - маса корпусу випробувального пристрою типу вогнегасника з робочим розчином піноутворювача загального призначення після гасіння, кг;

S - площа вільної поверхні модельного вогнища пожежі 55В, яка дорівнює 1,73 м².

3.3. Методика проведення досліджень впливу напору перед стволом на дальність струменя та кратність піни

Метою досліджень було експериментальне визначення основних тактико-технічних характеристик піногенераторів і порівняння їх зі значеннями, наведеними в технічному описі, а також з відповідними характеристиками піногенератора Пурга-5, ГПС-600, СПП, які знаходяться на озброєнні в підрозділах ДСНС та дослідних зразків генераторів комбінованої піни ПЛСК-800 і ПЛСК-200.

Дослідження з визначення дальності та висоти подавання пінних струменів, що сформовані генераторами піни, проводились за методикою роботи [96] з використанням АЦ-40(130)63Б при тиску 0,4 МПа, 0,6 МПа та 0,8 МПа. Піногенератори по черзі закріплювалися на спеціальному пристрої, що дозволяє встановити кут подавання струменя у фіксованому положенні під кутом 30°, 45°, 75°, на відстані між стволом і поверхнею випробувального майданчика. Схема для

проведення досліджень з визначення дальності і висоти струменя піни зображена на рис. 3.4

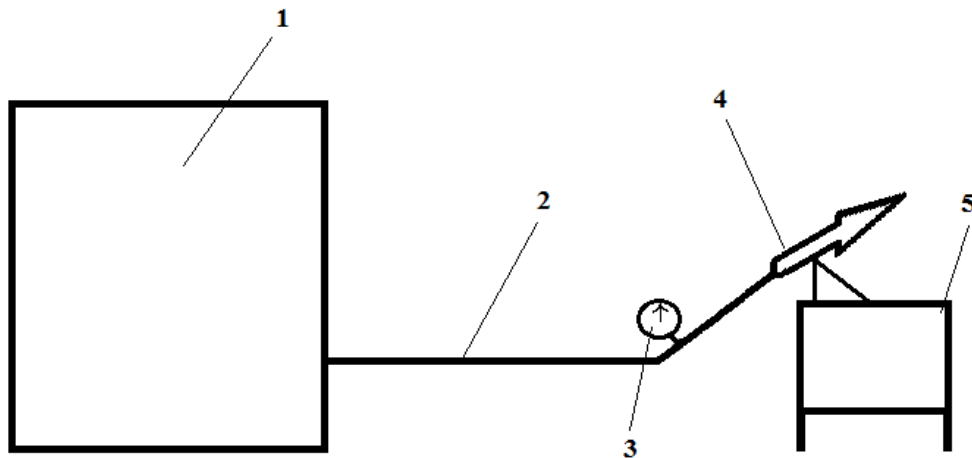


Рисунок 3.4 – Схема проведення досліджень з визначення дальності та висоти подавання струменя піни: 1-пожежний автомобіль АЦ-40 (130)63Б; 2-пожежні рукава; 3-манометр; 4-піногенератор (ствол); 5-спеціальний пристрій для встановлення і кріплення піно генератора (ствола)

За висоту струменя піни приймалася відстань від зрізу піногенератора (ствола) до вершини струменя піни. За дальність струменя піни приймалась максимальна відстань від зрізу піногенератора (ствола) до найдалшого місця випадання піни.

3.4. Методика проведення досліджень з визначення витрат розчину піноутворювача при застосуванні різного тиску подавання

Дослідження з визначення витрат 6%-го водного розчину піноутворювача ПО-6К за умови, що тиск 0,4 МПа, 0,6 МПа та 0,8 МПа проводилось за методикою роботи [96] та полягало у визначенні об'єму водного розчину піноутворювача, що подавався через піногенератори протягом 60с за фіксованих значень тиску, створеного перед піногенератором. Об'єм водного розчину вимірювався лічильником води ВКСМ-25 за схемою, приведеною на рис. 3.5

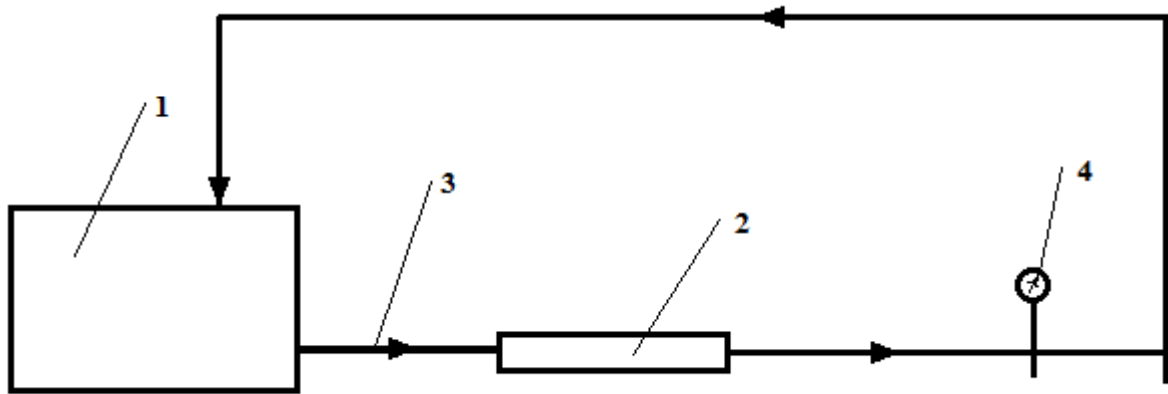


Рисунок 3.5 – Схема для проведення випробувань з визначення витрат водного розчину піноутворювача ПО-6К за тиску 0,4 МПа, 0,6 МПа, 0,8 МПа: 1 - УВП-400, 2- лічильник води СТВ80 (витратомір), 3- пожежні рукава, 4- манометр

3.4. Висновки за розділом

1. Запропонована методика проведення досліджень з виявлення впливу геометричних параметрів сітки на кратність згенерованої піни відповідно до ДСТУ 3789-98.
2. Розроблена модернізована методика проведення досліджень з виявлення впливу кратності повітряно-механічної піни на її вогнегасну ефективність на основі ДСТУ 3789-98.
3. Запропоновані методики проведення досліджень впливу напору перед стволом на дальність струменя та кратність піни відповідно та визначення витрат розчину піноутворювача при застосуванні різного тиску подавання.
4. Дослідження, проведені за запропонованими у розділі 3 методиками, дозволять встановити та обґрунтувати відповідні конструктивні параметри при проектуванні дослідних зразків генераторів комбінованої піни, які забезпечать вищу вогнегасну ефективність та дальність подавання піни середньої кратності, порівняно з відомими аналогами.

РОЗДІЛ 4

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Вплив геометричних параметрів сітки на кратність згенерованої піни

За запропонованою у розділі 3 методикою проводились випробування з визначення впливу геометричних параметрів сітки піногенератора на кратність згенерованої піни.

Спочатку проводились дослідження з визначення впливу товщини дроту сітки на кратність згенерованої піни. Розчин піноутворювача подавався при тиску 0,6 МПа та витраті 0,14 л/с (використовували розпилювач з водопінного вогнегасника). В ході дослідів по чергово використовувалися 3 сітки з розміром вічка 2,0 мм, але з різною товщиною дроту сітки. Результати наведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Залежність кратності піни від товщини дроту сітки піногенератора за витрати розчину піноутворювача загального призначення 0,14 л/с

Розмір вічка сітки, мм	Товщина прута сітки	№ досліду	Кількість піни, л	Кількість 6% розчину піноутворювача, л	Кратність піни	Середнє значення кратності
2,0	0,3	1	200,8	6,25	32,15	34,10
		2		5,70	35,20	
		3		5,75	34,95	
	0,4	1	200,8	3,71	54,12	55,78
		2		3,46	58,09	
		3		3,64	55,13	
	0,6	1	200,8	3,12	64,32	65,37
		2		3,09	65,00	
		3		3,01	66,78	
	0,7	1	200,8	3,18	63,18	63,67
		2		3,24	61,97	
		3		3,05	65,86	

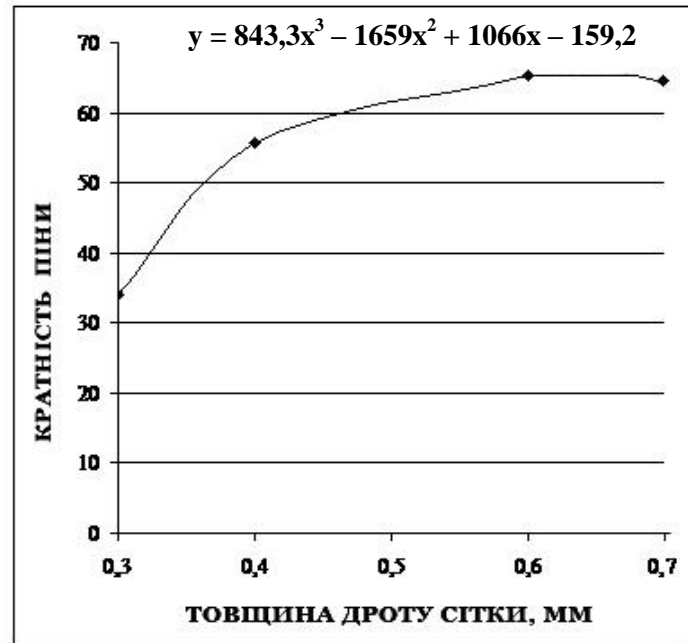


Рисунок 4.1 – Залежність кратності піни від товщини дроту сітки піногенератора за витрати розчину піноутворювача загального призначення 0,14 л/с

У подальшому розчин піноутворювача подавався за тиску 0,6 МПа та витраті 0,07 л/с. У ході досліду по чергово використовувалися 5 сіток з різними розмірами сторін їх вічок. Результати наведені в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Залежність кратності піни від розміру вічка сітки за витрати робочого розчину піноутворювача загального призначення 0,07 л/с

Розмір вічка сітки, мм	№ досліду	Кількість піни, л	Кількість 6% розчину піноутворювача, л	Кратність піни	Середнє значення кратності
1	2	3	4	5	6
0,6	1	200,8	2,45	82,00	81,64
	2		2,39	83,73	
	3		2,54	79,20	
0,8	1	200,8	1,99	101,14	99,05
	2		2,09	96,10	
	3		2,01	99,9	

1	2	3	4	5	6
1,0	1	200,8	2,87	70,04	70,77
	2		2,78	72,20	
	3		2,87	70,06	
1,5	1	200,8	7,15	28,09	28,00
	2		6,69	30,00	
	3		7,75	25,91	
2,0	1	200,8	8,48	–	бак не заповнився $K \approx 20$
	2		8,48	–	
	3		8,48	–	

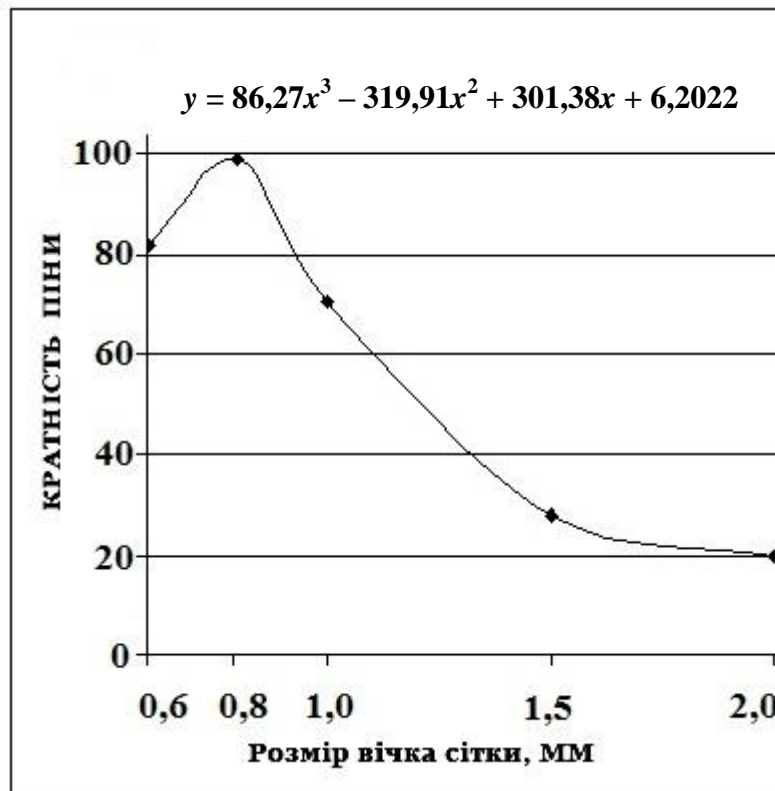


Рисунок 4.2 – Залежність кратності піни від розміру вічка сітки за витрати 0,7 л/с робочого розчину піноутворювача загального призначення

Розчин піноутворювача подавався за тиску 0,6 МПа та витраті 0,14 л/с (використовували розпилювач з водопінного вогнегасника). В ході досліджу

почергово використовувалися 5 сіток з різними розмірами їх вічок. Результати наведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Залежність кратності піни від розміру вічка сітки за витрати робочого розчину піноутворювача загального призначення 0,14 л/с

Розмір вічка сітки, мм	№ досліду	Кількість піни, л	Кількість 6% розчину піноутворювача, л	Кратність піни	Середнє значення кратності
0,8	1	200,8	3,65	55,00	54,97
	2		3,74	53,70	
	3		3,58	56,20	
0,85	1	200,8	3,86	56,50	57,11
	2		4,01	56,90	
	3		4,33	57,93	
1,0	1	200,8	3,03	66,32	67,03
	2		2,85	70,50	
	3		3,12	64,30	
1,5	1	200,8	2,47	81,33	83,81
	2		2,35	85,50	
	3		2,37	84,6	
2,0	1	200,8	3,71	54,00	54,81
	2		3,66	54,09	
	3		3,56	56,33	

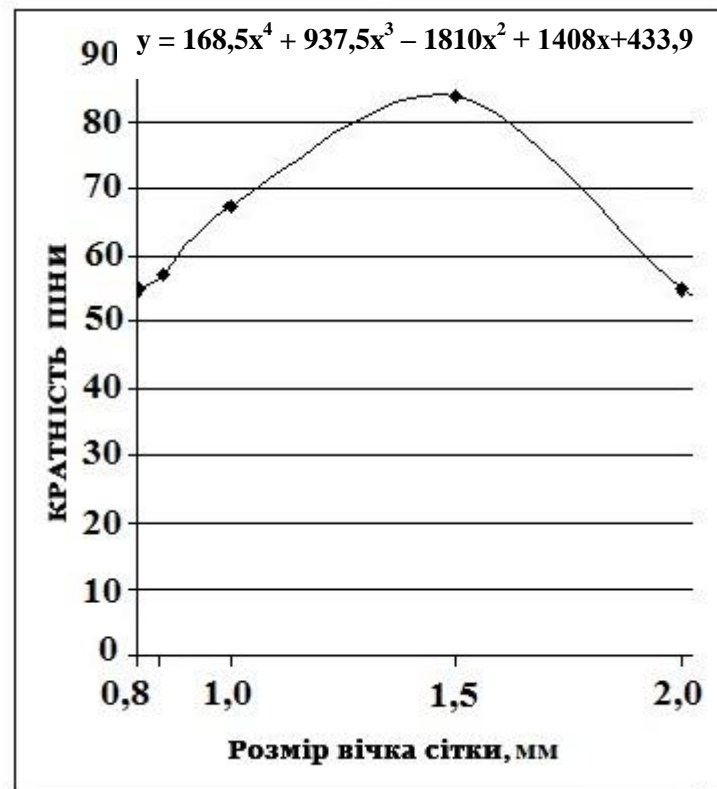


Рисунок 4.3 – Залежність кратності піни від розміру вічка сітки за витрати робочого розчину піноутворювача загального призначення 0,14 л/с

Результати аналізу проведених дослідів свідчать, що значний вплив на кратність генерованої піни спричиняє розмір вічка сітки піногенератора. Використання різних сіток в окремих установках при визначенні кратності піноутворювачів спричинить значні відмінності значень для одного і того ж самого типу піноутворювача. Цей факт є неприпустимим, особливо при проведенні сертифікаційних випробувань. На кратність генерованої піни також впливає товщина прутка сітки піногенератора. Із збільшенням товщини прутка (від 10–30% від розміру вічка в просвіті) збільшується площа контакту піноутворювача з сіткою і відповідно кратність піни зростає вдвічі. Це обумовлює необхідність подальшого дослідження залежності кратності піни від товщини прутка сітки піногенератора.

Встановлено також, що для генератора піни, який використовується для випробувань [94], оптимальним розміром вічка сітки є 0,8 мм. При цьому розмірі вічка отримуємо піну найвищої кратності.

Також важливим фактором утворення якісної піни є кут розкриття розпилювача. Оскільки за малого кута піноутворювач буде подаватися тільки на окремий сегмент сітки, частина її не буде задіяна, відповідно коефіцієнт піноутворення буде малим. За великого кута розкриття частина піноутворювача буде потрапляти на стінки піногенератора і стікати в бак без утворення піни.

Було помічено, що на кратність впливає спосіб подавання піни в мірну посудину. Оскільки подавання піни, згідно з [94], здійснюється оператором, то це спричиняє виникнення додаткових факторів, які негативно впливають на відтворюваність випробувань. Тому для забезпечення однакових умов подавання піни та мінімізації впливу оператора на результати дослідів, було використано штатив фіксації піногенератора в конкретному положенні.

Виходячи з наведеного вище та з метою забезпечення конкретних умов проведення і покращення відтворюваності, очевидно є необхідність внесення до [94] таких змін:

- зазначити конкретний розмір вічка сітки піногенератора;
- конкретизувати будову розпилювача ствола та зазначити кут розкривання розпилювача;
- до схеми установки подавання піни (рис. 3.1) додати штатив фіксації ствола в одному положенні.

4.2. Вплив кратності повітряно-механічної піни на її вогнегасну ефективність

За запропонованою у розділі 3 методикою проведено експериментальні дослідження з виявлення порівняльної ефективності застосування піни низької, середньої та комбінованої кратності у разі гасіння модельного вогнища 1А. Результати досліджень наведено у таблицях 4.1-4.3.

Гасіння модельного вогнища пожежі класу 1А піною середньої кратності:

Дослідження проводились в суху безвітряну погоду (атмосферний тиск 101 кПа, відносна вологість повітря 55%, швидкість вітру 0,4 м/с) за температури навколишнього середовища 20 °С.

Піну середньої кратності генерували з 6%-го робочого розчину піноутворювача загального призначення для гасіння пожеж «Альпен» виробництва ТОВ «Альхім» (Україна), ідентифікованого на відповідність вимогам ТУ У 24.6-32740136-001:2006 та ДСТУ 3789-98. Густина піноутворювача за 20°С дорівнювала 1022 кг/м³; кінематична в'язкість за 20°С – 3,4 мм²/с; водневий показник рН - 7,86; показник змочувальної здатності – 0,5 с. Результати експериментальних досліджень з визначення ефективності гасіння модельного вогнища 1А піною середньої кратності наведено у таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Результати експериментальних досліджень з визначення ефективності застосування двох генераторів піни середньої кратності з витратою (0,066±0,003) л/с кожний у разі гасіння модельного вогнища 1А піноутворювачем «Альпен»

№ досліду	Тип генерованої піни	Маси випробувальних пристроїв з піноутворювачем, кг		Витрачені маси робочого розчину піноутворювача, кг			Усереднений показник вогнегасної ефективності кг/м ²
		до гасіння	після гасіння	Роздільна	Загальна	Усереднене зазначення	
1	СК	15,87	7,01	8,86	17,75	17,75±0,01	Не погашено, показник вогнегасної ефективності не визначено
	СК	15,89	7,00	8,89			
2	СК	15,88	7,03	8,85	17,76		
	СК	15,90	6,99	8,91			

У зв'язку із отриманням негативного результату у перших двох дослідах, згідно з методикою, третій дослід не проводився.

Аналіз результатів, наведених у таблиці 4.4, свідчить, що за умови подавання піни середньої кратності на гасіння модельного вогнища 1А з густиною подавання піни на одиницю поверхні модельного вогнища $3,95 \text{ кг/м}^2$, припинення горіння не досягається, тобто за таких умов піна середньої кратності є неефективною.

Гасіння модельного вогнища пожежі класу 1А піною низької кратності :

Дослідження проводились в суху безвітряну погоду (атмосферний тиск 101 кПа, відносна вологість повітря 55%, швидкість вітру 0,4 м/с) за температури навколишнього середовища 20 °С.

Піну низької кратності генерували з 6%-го робочого розчину піноутворювача загального призначення для гасіння пожеж «Альпен» виробництва ТОВ «Альхім» (Україна), ідентифікованого на відповідність вимогам ТУ У 24.6-32740136-001:2006 та ДСТУ 3789-98. Густина піноутворювача за 20°С дорівнювала 1022 кг/м^3 ; кінематична в'язкість за 20°С – $3,4 \text{ мм}^2/\text{с}$; водневий показник рН - 7,86; показник змочувальної здатності – 0,5с.

Результати експериментальних досліджень з визначення ефективності гасіння модельного вогнища 1А піною низької кратності наведено у таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Результати експериментальних досліджень з визначення ефективності застосування двох генераторів піни низької кратності з витратою $(0,066 \pm 0,003)$ л/с кожний у разі гасіння модельного вогнища 1А піноутворювачем «Альпен»

№ дослід	Тип генерованої Піни	Маси випробувальних пристроїв з піноутворювачем, кг		Витрачені маси робочого розчину піноутворювача, кг			Усереднений результат гасіння, с	Усереднений показник вогнегасної ефективності кг/м^2
		до гасіння	після гасіння	Роздільна	Загальна	Усереднене зазначення		
1	2	3	4	5	6	7	8	9

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	НК	15,83	14,12	1,71	3,52	3,53± 0,01	погашено 28,8±0,2	0,75
	НК	15,89	14,08	1,81				
2	НК	15,81	14,05	1,76	3,54			
	НК	15,80	14,02	1,78				
3	НК	15,88	14,12	1,76	3,53			
	НК	15,87	14,10	1,77				

Аналіз результатів, наведених у таблиці 4.5, свідчить про те, що за умови подавання піни низької кратності на гасіння модельного вогнища 1А з показником вогнегасної ефективності $0,75 \text{ кг/м}^2$ досягнуто позитивний результат гасіння.

Гасіння модельного вогнища пожежі класу 1А комбінованою піною:

Дослідження проводились в суху (атмосферний тиск 101 кПа, відносна вологість повітря 55%, швидкість вітру 0,4 м/с) безвітряну погоду (0,9 м/с) за температури навколишнього середовища 20 °С.

Комбіновану піну генерували з 6%-го робочого розчину піноутворювача загального призначення для гасіння пожеж “Альпен” виробництва ТОВ “Альхім” (Україна), ідентифікованого на відповідність вимогам ТУ У 24.6-32740136-001:2006 та ДСТУ 3789-98. Густина піноутворювача за 20°С дорівнювала 1022 кг/м^3 ; кінематична в'язкість за 20°С – $3,4 \text{ мм}^2/\text{с}$; водневий показник рН - 7,86; показник змочувальної здатності – 0,5 с.

Результати експериментальних досліджень з визначення ефективності гасіння модельного вогнища 1А комбінованою піною наведено у таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Результати експериментальних досліджень з визначення ефективності застосування двох зразків генераторів піни середньої та низької кратності з витратою $(0,066 \pm 0,003)$ л/с кожний у разі гасіння модельного вогнища 1А піноутворювачем «Альпен»

№ досліджу	Тип генерованої піни	Маси випробувальних пристроїв з піноутворювачем, кг		Витрачені маси робочого розчину піноутворювача, кг			Усереднений результат гасіння, с	Усереднений показник вогнегасної ефективності кг/м^2
		до гасіння	Після гасіння	Роздільна	Загальна	Усереднене значення		
1	СК	15,87	13,22	2,65	4,88	4,72±0,16	погашено 37,2±1,2	1,0
	НК	15,89	13,66	2,23				
2	СК	15,83	13,47	2,29	4,55			
	НК	15,80	13,49	2,26				
3	СК	15,86	13,49	2,37	4,64			
	НК	15,89	13,62	2,27				

Аналіз результатів, наведених у таблиці 4.6, свідчить про те, що за умови подавання піни низької кратності на гасіння модельного вогнища 1А з показником вогнегасної ефективності $1,0 \text{ кг/м}^2$ досягнуто позитивний результат гасіння.

З результатів, наведених в табл. 4.4-4.6, видно, що при гасінні модельного вогнища пожежі класу А, піна середньої кратності, для даних умов випробування, неефективна. Основний внесок в позитивний результат гасіння вносить піна низької кратності, у той час, як піна середньої кратності має незначну кінетичну енергію, а тому не потрапляє в середину конструкції модельного вогнища, а з зовнішніх вертикальних площин та нижньої горизонтальної площини вона стікає, не забезпечуючи перекриття доступу кисню та охолодження поверхні, що горить.

Піна низької кратності містить більший відсоток води, порівняно з піною середньої кратності, їй притаманна більша охолоджувальна здатність. Струмінь піни низької кратності має значно більшу густину за струмінь піни середньої

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	НК	15,83	10,57	8,91	17,85		не погашено, 147,6		не визначено	
		15,86	9,02	8,94						
2	НК	15,87	10,67	8,81	17,71	17,67±0, 02	погашен о 143,5	Погашено 142,9±0,6	10,26	10,24 ±0,01
		15,84	10,68	8,88					10,23	
3	НК	15,81	10,67	8,80	17,64	02	погашен о 142,2	142,9±0,6	10,23	±0,01
		15,86	10,76	8,84						

Аналіз результатів, наведених у таблиці 4.7, свідчить про те, що за умови подавання піни низької кратності на гасіння модельного вогнища 55В з показником вогнегасної ефективності $10,25 \text{ кг/м}^2$, досягається припинення горіння.

Гасіння модельного вогнища пожежі класу 55В піною середньої кратності:

Дослідження проводились в суху (атмосферний тиск 101 кПа, відносна вологість повітря 55%, швидкість вітру 0,4 м/с) безвітряну погоду (0,9 м/с) за температури навколишнього середовища 20 °С.

Піну середньої кратності генерували з 6%-го робочого розчину піноутворювача загального призначення для гасіння пожеж “Альпен” виробництва ТОВ “Альхім” (Україна), ідентифікованого на відповідність вимогам ТУ У 24.6-32740136-001:2006 та ДСТУ 3789-98. Густина піноутворювача за 20°С дорівнювала 1022 кг/м^3 ; кінематична в'язкість за 20°С – $3,4 \text{ мм}^2/\text{с}$; водневий показник рН - 7,86; показник змочувальної здатності – 0,5 с.

Результати експериментальних досліджень з визначення ефективності гасіння модельного вогнища 55В піною середньої кратності наведено у таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 – Результати експериментальних досліджень з визначення ефективності застосування двох генераторів піни середньої кратності з витратою $(0,066 \pm 0,003)$ л/с кожний у разі гасіння модельного вогнища 55В піноутворювачем “Альпен”

№ досліду	Тип генерованої піни	Маси випробувальних пристроїв з піноутворювачем, кг		Витрачені маси робочого розчину піноутворювача, кг		Результат гасіння, тривалість подавання піни, с		Показник вогнегасної ефективності, кг/м ²		Тривалість до повторного займання, с
		до гасіння	після гасіння	Роздільна	Загальна	фактичні значення	усереднене значення	фактичні значення	усереднене значення	
1	СК	15,76	12,23	3,43	6,92	55,9	Пога- шено, 56,1	4,0	4,0±0,1	31,2
	СК	15,84	12,35	3,49						
2	СК	15,82	12,40	3,42	6,75	55,3		3,9		4,1
	СК	15,80	12,47	3,33						
3	СК	15,73	12,32	3,41	7,09	56,4	4,1		34,1	
	СК	15,81	12,13	3,68						

Аналіз результатів, наведених у таблиці 4.8, свідчить про те, що за умови подавання піни низької кратності на гасіння модельного вогнища 55В досягнуто позитивний результат гасіння з показником вогнегасної ефективності $4,1 \pm 1,0$ кг/м².

Гасіння модельного вогнища пожежі класу 55В комбінованою піною:

Дослідження проводились в суху (атмосферний тиск 101 кПа, відносна вологість повітря 55%, швидкість вітру 0,4 м/с) безвітряну погоду (0,9 м/с) за температури навколишнього середовища 20 °С.

Комбіновану піну генерували з 6%-го робочого розчину піноутворювача загального призначення для гасіння пожеж “Альпен” виробництва ТОВ “Альхім”

(Україна), ідентифікованого на відповідність вимогам ТУ У 24.6-32740136-001:2006 та ДСТУ 3789-98. Густина піноутворювача за 20°C дорівнювала 1022 кг/м³; кінематична в'язкість за 20°C – 3,4 мм²/с; водневий показник рН - 7,86; показник змочувальної здатності – 0,5 с.

Результати експериментальних досліджень з визначення ефективності гасіння модельного вогнища 55В комбінованою піною наведено у таблиці 4.9.

Таблиця 4.9 – Результати експериментальних досліджень з визначення ефективності застосування двох генераторів піни низької (НК) та середньої кратності (СК) з витратою (0,066±0,003) л/с кожний у разі гасіння модельного вогнища 55В піноутворювачем «Альпен»

№ досліду	Тип генероване піни	Маси випробувальних пристроїв з піноутворювачем, кг		Витрачені маси робочого розчину піноутворювача, кг		Результат гасіння, тривалість подавання піни, с		Показник вогнегасної ефективності кг/м ²		Тривалість до повторного займання, с
		до гасіння	після гасіння	Роздільна	Загальна	фактичні значення	усереднене значення	фактичні значення	усереднене значення	
1	СК	15,78	13,14	2,64	5,36	43,6	Погашено 45,2±1,5	3,1	3,3±0,1	32
	НК	15,97	13,25	2,72						
2	СК	15,85	12,89	2,86	6,06	47,0		3,5		
	НК	15,89	12,69	3,20						
3	СК	15,78	13,06	2,74	5,88	45,1		3,4		
	НК	15,97	12,98	3,14						

Аналіз результатів, наведених у таблиці 4.9, свідчить про те, що за умови подавання комбінованої піни на гасіння модельного вогнища 55В досягнуто позитивний результат гасіння з показником вогнегасної ефективності 3,4±0,1кг/м².

Комбіноване застосування піни низької та середньої кратностей призводить до підвищення ефективності гасіння. Це пояснюється тим, що піна низької кратності покриває поверхню горіння, сприяє швидшому охолодженню стінок деко та поверхні горіння. Відповідно зменшується процес руйнування піни середньої кратності під дією високої температури та конвективних потоків, чим забезпечується недопущення кисню в зону горіння.

У таблиці 4.10. наведено зведені результати гасіння модельного вогнища 55В пінами середньої, низької кратності та комбінованою піною. На рис. 4.4. дані результати представлені в графічному вигляді.

Таблиця 4.10 – Зведена таблиця залежності вогнегасної ефективності повітряно-механічної піни згенерованої з розчину піноутворювача загального призначення, від кратності піни

Кратність генерованої піни, К	Показник вогнегасної ефективності, кг/м ²
9	10,24
78	4,00
54	3,30

Як свідчать результати досліджень представлені в табл. 4.10 та рис. 4.4, у разі застосування комбінованої піни на гасіння модельного вогнища 55В спостерігається ефект синергізму, тобто, значення показника вогнегасної ефективності комбінованої піни нижче за значення кожного окремого її компонента (10,24 кг/м² та 4,00 кг/м² для піни низької та середньої кратності відповідно).

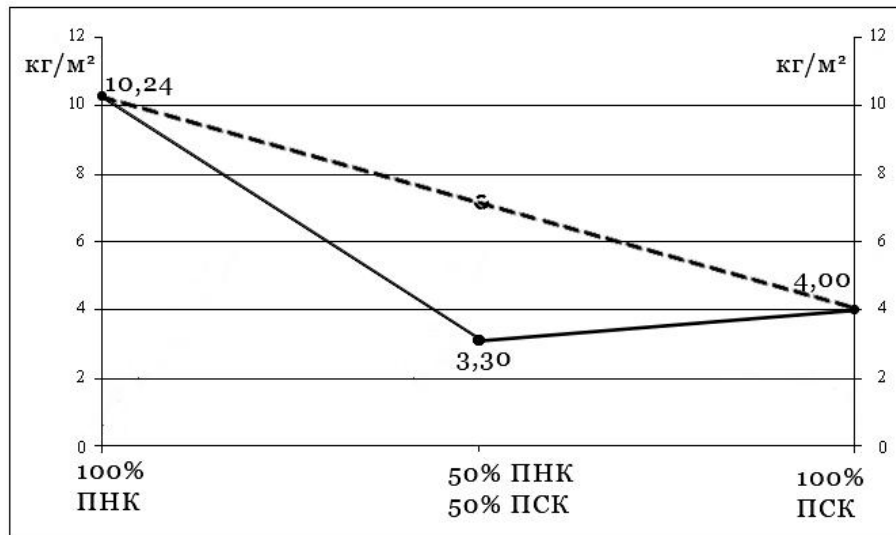


Рисунок 4.4 – Схематичне зображення залежності вогнегасної ефективності від кратності згенерованої піни, отриманої з розчину піноутворювача загального призначення

4.3. Висновки за розділом

1. На основі експериментальних випробувань визначено товщину дроту для виготовлення пакету сіток піногенератора 0,6 мм та оптимальний розмір квадратного вічка сітки: для стандартизованого піногенератора за ДСТУ 3789-98 – 0,8 мм, для генераторів піни типу ГПС – 1,5 мм.

2. Результати аналізу проведених дослідів свідчать, що значний вплив на кратність генерованої піни спричиняє розмір вічка сітки піногенератора. Використання різних сіток в окремих установках при визначенні кратності піноутворювачів спричинить значні відмінності значень для одного і того ж самого типу піноутворювача. Цей факт є неприпустимим, особливо при проведенні сертифікаційних випробувань. На кратність генерованої піни також впливає товщина прутка сітки піногенератора. Із збільшенням товщини прутка (від 10–30% від розміру вічка в просвіті) збільшується площа контакту піноутворювача з сіткою і відповідно кратність піни зростає вдвічі. Це обумовлює необхідність подальшого дослідження залежності кратності піни від товщини прутка сітки піногенератора.

3. З метою забезпечення конкретних умов проведення і покращення відтворюваності, очевидно є необхідність внесення до ДСТУ 3789-98 таких змін: зазначити конкретний розмір вічка сітки піногенератора, конкретизувати будову розпилювача ствола та зазначити кут розкривання розпилювача, до схеми установки подавання піни додати штатив фіксації ствола в одному положенні.

4. За результатами досліджень з виявлення вогнегасної ефективності повітряно-механічної піни різної кратності встановлено, що:

- за умови подавання піни середньої кратності з густиною подавання піни на одиницю поверхні модельного вогнища $3,95 \text{ кг/м}^2$, припинення горіння не досягається, тобто за таких умов піна середньої кратності не є ефективною;
- за умови подавання піни низької кратності з показником вогнегасної ефективності $0,75 \text{ кг/м}^2$ досягнуто позитивний результат гасіння;
- за умови подавання піни низької кратності з показником вогнегасної ефективності $1,0 \text{ кг/м}^2$ досягнуто позитивний результат гасіння;
- при гасінні модельного вогнища пожежі класу А, піна середньої кратності, для даних умов випробування, неефективна.

5. У разі застосування комбінованої піни на гасіння модельного вогнища 55В спостерігається ефект синергізму ефективності припинення горіння легкозаймистих та горючих рідин у разі взаємодії поверхні їх горіння із комбінованою піною, який проявляється у тому, що значення показника вогнегасної здатності комбінованої піни є нижчим ($3,30 \text{ кг/м}^2$) за значення кожного окремого її компонента ($10,24 \text{ кг/м}^2$ та $4,00 \text{ кг/м}^2$ відповідно для піни низької та середньої кратності).

РОЗДІЛ 5

ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

5.1. Розроблення дослідних зразків генераторів комбінованої піни

На основі теоретичних досліджень та проведених експериментів було запропоновано конструкцію піногенератора по принципу «труба в трубі» з використанням чотирьох струмені піни низької кратності для транспортування струменя піни середньої кратності в зону горіння ЛЗР та ГР.

За основу було взято генератор піни середньої кратності типу ГПС. Стандартний пакет сіток генератора ГПС замінено на пакет сіток, що виготовлений із дроту діаметром 0,6 мм та розміром сторони квадратного вічка сітки 1,5 мм. Піна низької кратності подається по чотирьох трубопроводах діаметром 25 мм, що розміщені навколо піногенератора ГПС. На кінці трубопроводів розміщені сопла, що забезпечують витрату розчину піноутворювача 1,5 л/с. Під'єднання генератора комбінованої піни здійснюється через дві напівгайки діаметром 51 та 66 мм. Для формування компактного струменя піни середньої та низької кратності використовується кожух.

Конструктивне виконання піногенератора зображено на рис. 5.1.

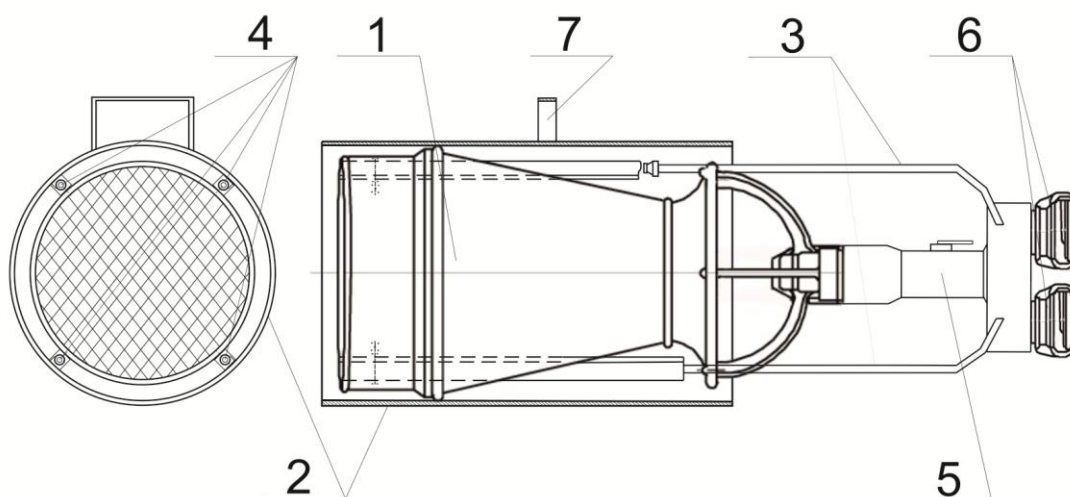


Рисунок 5.1 – Схематичне зображення піногенератора ПЛСК:

1-корпус генератора піни середньої кратності ГПС; 2 - кожух ствола; 3 –генератори піни низької кратності; 4 - заспокоювачі; 5 - манометр; 6 - з'єднувальна муфтова головка; 7 - ручка для утримання ствола, 8 - отвори для повітря, 9 - кран перекривання ГПС

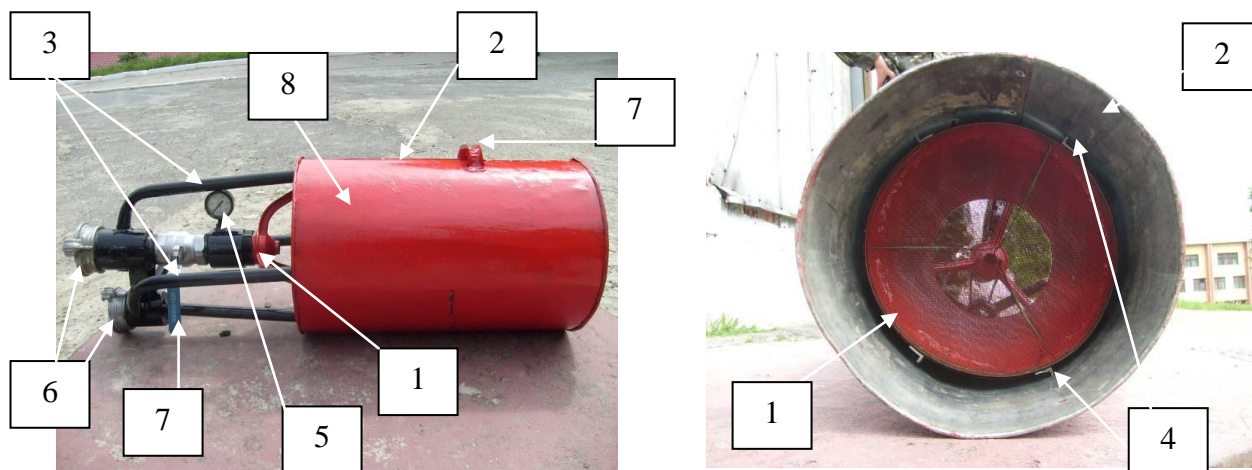


Рисунок 5.2 а) – Загальний вигляд генератора комбінованої піни ПЛСК-800

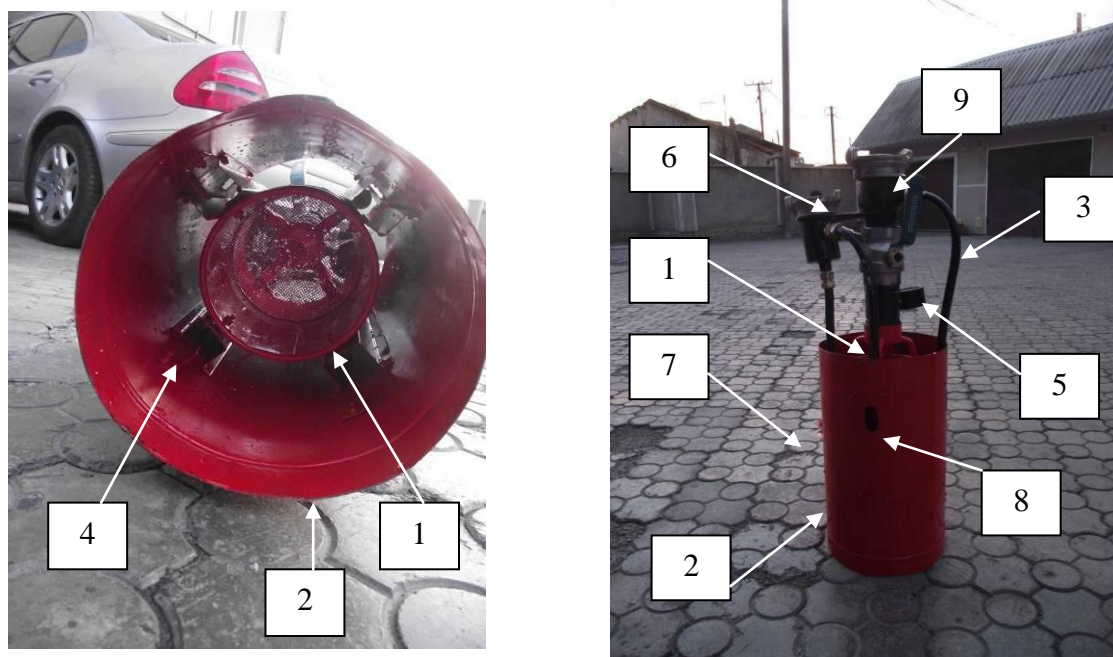


Рисунок 5.2 б) – Загальний вигляд генератора комбінованої піни ПЛСК-200

Для проведення полігонних випробувань було виготовлено два експериментальні зразки генераторів комбінованої піни ПЛСК-800 (рис. 5.2 а) та ПЛСК-200 (рис. 5.2 б). Конструкції піногенераторів однакові за винятком генератора піни середньої кратності (ГПС-600 та ГПС-100 відповідно).

5.2. Проведення випробувань дослідних зразків генераторів комбінованої піни

Основною метою проведення експериментальних досліджень генераторів комбінованої піни є встановлення основних параметрів їх роботи, а саме інтенсивності подавання піни, довжини струменя, параметрів згенерованої піни та ін., що характеризують вогнегасну ефективність генераторів комбінованої піни. Крім того, теоретичні дослідження динаміки роботи таких генераторів проводились в дисертаційній роботі з деякими припущеннями, прийнятими при математичній інтерпретації механічних та гідравлічних перехідних процесів. Це вносить неточність в отримані результати. Тому необхідно провести ряд експериментальних досліджень для верифікації математичної моделі.

5.2.1. Проведення досліджень з визначення витрат водного розчину піноутворювача при різних тисках подавання

Дослідження з визначення витрат 6%-го водного розчину піноутворювача за різних тисків подавання для генераторів піни типу «Пурга-5», ГПС-600 та ствола СПП проводилися в роботі [96]. За ідентичною методикою були проведені випробування для дослідних зразків піногенераторів ПЛСК – 800 та ПЛСК – 200.

Дослідження проводились на піноутворювачі загального призначення ПО-6К почергово за тиску 0,4 МПа, 0,6 МПа та 0,8 МПа та полягало у визначенні об'єму водного розчину піноутворювача, що подавався через генератори піни протягом 60с за фіксованих значень тиску, створеного перед піногенератором. Об'єм водного розчину вимірювався лічильником води ВКСМ-25.

Схема для проведення випробувань з визначення витрат водного розчину піноутворювача ПО-6К наведена на рис 3.5 в розділі 3.

Таблиця 5.1 – Результати досліджень з визначення витрат водного розчину піноутворювача ПО-6К за тиску 0,8 МПа

№ досліду	Об'єм розчину піноутворювача, витраченого за 60 с, л					Витрата розчину л/с				
	При використанні піногенератора					При використанні піногенератора				
	Пурга – 5	ГПС – 600	СПП	ПЛСК – 800	ПЛСК – 200	Пурга – 5	ГПС – 600	СПП	ПЛСК – 800	ПЛСК – 200
1	411	392	411	759	487	6,8	6,5	6,9	12,7	8,1
2	413	393	418	754	490	6,9	6,6	7,0	12,6	8,2
3	415	396	423	762	486	6,9	6,6	7,1	12,7	8,1
Середнє Значення	413	394	417	758	488	6,9	6,6	7,0	12,7	8,1

Таблиця 5.2 – Результати досліджень з визначення витрат водного розчину піноутворювача ПО-6К за тиску 0,6 МПа

№ досліду	Об'єм розчину піноутворювача, витраченого за 60 с, л					Витрата розчину л/с				
	При використанні піногенератора					При використанні піногенератора				
	Пурга – 5	ГПС – 600	СПП	ПЛСК – 800	ПЛСК – 200	Пурга – 5	ГПС – 600	СПП	ПЛСК – 800	ПЛСК – 200
1	392	365	385	729	459	6,5	6,1	6,4	12,2	7,7
2	401	371	386	715	467	6,7	6,2	6,4	11,9	7,8
3	396	373	401	712	458	6,6	6,2	6,7	11,9	7,6
Середнє Значення	396	370	391	719	461	6,6	6,2	6,5	12,0	7,7

Таблиця 5.3 – Результати досліджень з визначення витрат водного розчину піноутворювача ПО-6К за тиску 0,4 МПа

№ досліду	Об'єм розчину піноутворювача, витраченого за 60 с, л					Витрата розчину л/с				
	При використанні піногенератора					При використанні піногенератора				
	Пурга – 5	ГПС – 600	СПП	ПЛСК – 800	ПЛСК – 200	Пурга – 5	ГПС – 600	СПП	ПЛСК – 800	ПЛСК – 200
1	305	326	331	690	409	5,0	5,4	5,5	11,5	6,8
2	307	328	333	695	416	5,1	5,6	5,5	11,6	6,9
3	309	333	335	699	418	5,2	5,5	5,6	11,7	7,0
Середнє Значення	307	329	333	695	414	5,1	5,5	5,5	11,6	6,9

Проведені дослідження дозволили встановити витрати розчину піноутворювача загального призначення для генераторів комбінованої піни за різних тисків подавання та порівняти їх з відомими аналогами. Дослідження показали, що найбільша витрата розчину піноутворювача забезпечувалась при тиску 0,8 МПа. Подальші дослідження будуть спрямовані для встановлення кратності комбінованої піни за наведених вище тисків і витрат.

Для піногенератора «Пурга-5» спостерігалось витікання від 5% до 10% відбитого від його сітки розчину піноутворювача. Значення витрат водного розчину піноутворювача ПО-6К, визначене під час проведення випробувань піногенератора «Пурга-5», не збігається із зазначеним у паспорті на виріб (за тиску 0,8 МПа = 6,9 л/с, що на 1,7 л/с більше, ніж значення, зазначене в паспорті) [96]. Генератор піни ГПС-600 та СПП забезпечили витрати, що відповідають вимогам ДСТУ 2113-92 (ГОСТ 12962-93) [98] та ДСТУ 2107-92 (ГОСТ 11101-93)[100].

5.2.3. Проведення досліджень з визначення кратності згенерованої піни

Кратність піни визначалась шляхом збирання згенерованої піногенераторами

піни у мірну посудину в зоні максимального її випадання. Густина робочого розчину піноутворювача ПО-6К приймалась рівною 1000 кг/м^3 . Зібрану піну зважували і її кратність визначали за формулою

$$K = \frac{V_{\text{п}}}{V_{\text{р}}}, \quad (5.1)$$

$V_{\text{п}}$ – об'єм піни у ємкості;

$V_{\text{р}}$ – об'єм розчину у ємкості.

Таблиця 5.4 – Результати досліджень з визначення кратності піни за тиску 0,8 МПа

Тип піногенератора, ствола	Маса посудини, заповненої піною, m_2 , кг	Маса піни, кг	Середнє арифметичне значення маси піни, кг	Значення кратності піни, К
Пурга-5	76,0	18,5	21,1	34±1
	79,0	22,0		
	80,2	22,7		
ГПС-600	69,8	12,3	12,1	59±6
	69,6	12,1		
	69,5	12,0		
СПП	122,0	64,5	59,4	12±1
	116,7	59,2		
	112,1	54,6		
ПЛСК – 800	69,9	12,4	12,5	57±3
	70,3	12,8		
	70,0	12,5		
ПЛСК – 200	72,7	15,2	15,1	47±1
	72,6	15,1		
	72,6	15,1		

Таблиця 5.5 – Результати досліджень з визначення кратності піни за тиску 0,6 МПа

Тип піногенератора, ствола	Маса посудини, заповненої піною, m ₂ , кг	Маса піни, кг	Середнє арифметичне значення маси піни, кг	Значення кратності піни, К
Пурга-5	76,3	18,8	20,2	35±1
	77,9	22,4		
	80,2	21,3		
ГПС-600	67,9	10,4	10,3	69±11
	67,8	10,3		
	69,7	10,2		
СПП	128,0	71,0	64,9	11±1
	122,0	64,5		
	116,7	59,2		
ПЛСК – 800	68,0	10,5	10,8	66±2
	68,4	10,9		
	68,5	11,0		
ПЛСК – 200	71,2	13,7	13,7	52±2
	71,3	13,8		
	71,0	13,5		

Таблиця 5.6 – Результати досліджень з визначення кратності піни за тиску 0,4 МПа

Тип піногенератора, ствола	Маса посудини, заповненої піною, m ₂ , кг	Маса піни, кг	Середнє арифметичне значення маси піни, кг	Значення кратності піни, К
1	2	3	4	5

1	2	3	4	5
Пурга-5	75,2	17,7	16,3	44±2
	73,7	16,2		
	72,6	15,1		
ГПС-600	70,7	13,2	13,0	55±4
	70,5	13,0		
	70,4	12,9		
СПП	135,5	78,0	72,6	10±1
	129,2	71,7		
	125,7	68,2		
ПЛСК – 800	60,7	13,2	13,7	52±2
	61,1	13,6		
	61,6	14,1		
ПЛСК – 200	74,4	16,9	16,5	43±4
	74,4	16,9		
	73,4	15,9		

Із наведених результатів видно, що кратність піни, отриманої з піногенератора «Пурга-5», при підвищенні тиску перед ним від 0,4 до 0,6 МПа та від 0,6 МПа до 0,8 МПа зменшується, тоді, як кратність піни, отриманої із піногенераторів ГПС-600, ПЛСК-800 та ПЛСК-200 при тиску перед ними від 0,4 до 0,6 МПа зростає, а від 0,6 до 0,8 МПа зменшується. Кратність піни, отриманої зі ствола СПП, при підвищенні тиску від 0,6 до 0,8 МПа практично не змінюється. Кратність піни, отриманої з піногенератора «Пурга-5» за рекомендованого виробником тиску 0,8 МПа, нижча, ніж значення наведене у паспорті (34±1 проти 50) [94].

5.2.2. Випробування з виявлення впливу напору перед генератором на дальність струменя та кратність піни

Для експериментальних досліджень використовувався піноутворювач загального призначення «Альпен» виробництва ТОВ «Альхім» (ТУ У 24.6-32740136-001:2006). Густина піноутворювача при 20°C – 1022 кг/м³; кінематична в'язкість при 20°C – 3,4 мм²/с; водневий показник – рН = 7,86; показник змочувальної здатності – 0,5 с.

Умови проведення досліджень: експеримент проводився у безвітряну сонячну погоду (при 25°C) в денний час на ділянці довжиною 100 м, шириною 20 м. На ділянці в контрольних точках, відповідно до програми випробувань та згідно методики проведення випробувань через кожні 5 м встановлювались металеві піддони розміром 0,5×0,5 м та висотою 0,4 м (рис. 5.3).

Дальність подачі піни здійснювалась згідно ДСТУ 2113-92 перевірялась рулеткою (ГОСТ 7502) з ціною поділки 10 мм при розміщенні генератора під кутом 0,52 рад (30°) до горизонту, який заміряється за допомогою кутоміра з ціною поділки 0,174 рад (1°). Випробування проводились при тиску 0,8 - 0,9 МПа.

Довжина струменя повітряно-механічної піни визначалась максимальною відстанню по горизонталі від насадки-розпилювача до межі розповсюдження основної маси вогнегасної рідини при її випуску з пожежного пересувного генератора.

Піногенерувальна апаратура включає генератори комбінованої піни ПЛСК-800 та ПЛСК-200, що працюють від пожежного автомобіля (рис. 4.2). Розчин піноутворювача подавався по рукавних лініях довжиною по 20м кожна та діаметром 51 та 66 мм відповідно. Вигляд випробувальних майданчиків зображено на рис. 5.4, 5.5.



Рисунок 5.3 – Випробування генератора комбінованої піни ПЛСК-800



Рисунок 5.4 – Випробування піногенератора ПЛСК-200

Дослідження з визначення дальності та висоти подавання пінних струменів, що сформовані піногенераторами «Пурга-5», ГПС-600 та стволом СПП проводилась з використанням пожежного автомобіля АЦ-40(130)63Б при тиску 0,4 МПа, 0,6 МПа та 0,8 МПа у роботі [96]. За ідентичною методикою були проведені випробування для дослідних зразків піногенераторів ПЛСК – 800 та ПЛСК – 200.

Піногенератори по черзі закріплювались на спеціальному пристрої, що дозволяє встановити заданий кут подавання струменя у фіксованому положенні під кутом 30°, 45°, 75°, на відстані 1 м між стволом і поверхнею випробувального майданчика. Схема для проведення досліджень з визначення дальності і висоти струменя піни зображена на рис. 3.4 в розділі 3.

Вода від автомобіля до стволів подавалась по двох рукавних лініях діаметром 51 мм, довжиною по 20 м кожна. Дальність подавання пінних струменів вимірювалася візуально за допомогою маяків, встановлених на відстань до 35 м через кожні 5 м починаючи від піногенераторів. Визначення висоти струменя піни проводилось поблизу мірного шоста, на якому нанесені позначки (через кожні 0,25 м).

Кратність піни визначалась як середнє арифметичне з отриманих результатів, визначених для двох наданих на випробування піногенераторів «Пурга-5». Визначення кратності піни, отриманої з піногенераторів, здійснювалася шляхом проведення трьох випробувань та знаходження середнього арифметичного значення результатів випробувань за значень тиску 0,4 МПа, 0,6 МПа та 0,8 МПа.

За висоту струменя піни приймалась максимальна відстань від зрізу піногенератора до вершини струменя піни. За дальність струменя піни приймалась максимальна відстань від зрізу піногенератора до найдалшого місця випадання піни.

Температура навколишнього повітря становила 15°C, швидкість вітру не перевищувала 1,4 м/с.

Таблиця 5.7 – Результати досліджень з визначення довжини та висоти струменів піни за тиску 0,8 МПа

Тип піногенератора	Довжина струменя піни, м		Висота струменя піни (від зрізу піногенератора, встановленого під кутом 75°), м
	Піногенератор встановлено під кутом 30°	Піногенератор встановлено під кутом 45°	
1	2	3	4
Пурга-5	17,5	16,0	9,0

1	2	3	4
ГПС-600	8,0	6,0	4,5
СПП	22,5	26,5	16,0
ПЛСК-800	20,5	24,0	13,5
ПЛСК-200	12,0	15,0	7,0

Таблиця 5.8 – Результати досліджень з визначення довжини та висоти струменів піни за тиску 0,6 МПа

Тип піногенератора	Довжина струменя піни, м		Висота струменя піни (від зрізу піно генератора, встановленого під кутом 75°), м
	Піногенератор встановлено під кутом 30°	Піногенератор встановлено під кутом 45°	
Пурга-5	13,0	15,0	8,0
ГПС-600	5,0	5,5	4,0
СПП	21,0	25,0	15,0
ПЛСК-800	19,0	21,5	12,0
ПЛСК-200	12,0	15,0	6,5

Таблиця 5.9 – Результати досліджень з визначення довжини та висоти струменів піни за тиску 0,4 МПа

Тип піногенератора	Довжина струменя піни, м		Висота струменя піни (від зрізу піно генератора, встановленого під кутом 75°), м
	Піногенератор встановлено під кутом 30°	Піногенератор встановлено під кутом 45°	
Пурга-5	12,0	10,5	7,0
ГПС-600	4,0	4,0	2,5
СПП	20,5	20,0	14,0
ПЛСК-800	17,5	18,0	10,5
ПЛСК-200	10,0	12,5	5,5

Під час виходу піни з піногенератора «Пурга-5» спостерігалось руйнування цілісності її струменя, струмінь генерованої піни на відстань 2-3 м від сітки піногенератора мав більш щільний вигляд, а далі струмінь розподілявся на відокремлені фрагменти піни. Із підвищенням тиску зменшувалась щільність струменя піни та розміри відокремлених фрагментів, а кількість зазначених фрагментів зростала [96].

Значення довжини та висоти струменя піни, поданої з піногенератора «Пурга-5» за тиску 0,8 МПа більше, ніж значення величин для піни, поданої з піногенератора ГПС-600 (довжина 17,5 м проти 8 м та висота 9 м проти 4,5 м), але менше, ніж значення зазначених величин для піни, поданої із ствола СПП (довжина 17,5 м проти 22,5 м та висота 9 м проти 16 м). Також можна зазначити, що значення довжини струменя піни, поданої з піногенератора «Пурга-5» менше за значення, яке вказане у паспорті на виріб (17,5 м проти 24 м) [96].

Для генератора комбінованої піни ПЛСК-800 значення довжини та висоти струменя найкраще за тиску 0,8 МПа. При цьому вони більші, ніж у «Пурга-5» (довжина 24 м проти 17,5 м, висота 13,5 м проти 9 м) та ГПС-600 (довжина 24 м проти 8 м, висота 13,5 м проти 4,5 м), але менше, ніж у ствола СПП (довжина 24 м проти 26,5 м, висота 13,5 м проти 16 м). Це пояснюється обміном кінетичною енергією між струменями піни низької та середньої кратності, в результаті чого струмінь піни середньої кратності гальмує струмені піни низької, що детально описано в розділі 2.

Струмінь комбінованої піни, згенерований генераторами ПЛСК-800 та ПЛСК-200 продемонстрував значно меншу фрагментацію піни, порівняно з Пурга-5 [96] та ПЛСК-700 [73], що значно підвищує вогнегасну ефективність піни завдяки донесенню більшої її кількості в осередок горіння та зменшує витрати піноутворювача на гасіння.

5.3. Розроблення проекту технічних документів на виготовлення, застосування та техніко-економічне оцінювання ефективності застосування розроблених за результатами досліджень генераторів комбінованої піни

За результатами полігонних випробувань були визначені основні тактико-технічні характеристики дослідних зразків ПЛСК – 800 та ПЛСК – 200.

Таблиця 5.10 – Тактико-технічні характеристики дослідних зразків піногенераторів ПЛСК

Вид характеристики	Тип піногенератора	
	ПЛСК-800	ПЛСК -200
Робочий тиск перед генераторами, МПа:		
– генератор піни середньої кратності	0,4-0,6	0,4-0,6
– генератори піни низької кратності	0,8-1,0	0,8-1,0
Габаритні розміри, мм:		
– довжина	945±5	764±5
– ширина	440±5	230±5
– висота	440±5	230±5
Маса генератора комбінованої піни (не більше), кг	12,00±0,25	8,50±0,25
Кількість працюючих з генератором	2	1
Геометричні параметри вічка сітки піногенератора:		
товщина дроту сітки піногенератора, мм	0,6	0,6
розмір вічка сітки піногенератора, мм	1,5×1,5	1,5×1,5
Витрата робочого розчину піноутворювача за робочих тисків перед генераторами, л/с, не менше	12,0	7,5
Продуктивність генератора комбінованої піни, м ³ /хв, не менше	40	20
Дальність подавання струменя комбінованої піни, м	22-24	14-15
Кратність згенерованої піни, не менше	60	45

На основі отриманих даних, відповідно до ДСТУ 1.3:2004 «Правила побудови, викладання, оформлення, погодження, прийняття та позначення технічних умов» розроблено проект технічних умов для виготовлення піногенераторів ПЛСК-800 та ПЛСК-200 ТУ У 29.2-XXXXXXXX-XXX:201X «Генератори комбінованої подачі піни ПЛСК-800 та ПЛСК-200. Технічні умови» (додаток 3).

Для проведення техніко-економічного оцінювання генераторів комбінованої піни необхідно провести розрахунки вартості їх виробництва, що включає в себе

вартість матеріалів та комплектуючих, заробітну плату персоналу, виробничі витрати та втрати на браковану продукцію. За розрахунками Чернігівського колективного підприємства «Пожтехніка» та ТОВ «Хладар-Техсоюз» орієнтовна вартість виготовлення генератора комбінованої піни ПЛСК-800 складе 4 500 грн, а ПЛСК-200 – 3600 грн.

Для порівняння вартість відомих аналогів, які знаходяться на озброєнні оперативно-рятувальних підрозділів за даними [18] становить:

- Пурга 5 – 13 600 тис. грн;
- Пурга 7 – 16 500 тис. грн;
- Пурга 10 – 77 000 тис. грн.

5.4. Методичні рекомендації з використання генераторів комбінованої піни.

Методичні рекомендації використання генераторів комбінованої піни типу ПЛСК-800 та ПЛСК-200 розроблені відповідно до вимог Наказу МНС України від 13 березня 2012 року № 575 “Статут дій у надзвичайних ситуаціях органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту” [115], НАПБ 05.035 – 2004 “Інструкція щодо гасіння пожеж у резервуарах із нафтою та нафтопродуктами [116], ВБН.В.2.2-58.1-94 “Проектування складів нафти і нафтопродуктів з тиском насичених парів не вище 93,3 кПа.” [117], Наказу МНС України від 07.05.2007 № 312 “Правила безпеки праці в органах і підрозділах МНС України” [119] та Наказу МНС України від 23.09.2011 №1021 “Методичні рекомендації зі складання та використання оперативних планів і карток пожежогасіння” [120].

Основними оперативно-тактичними діями пожежних підрозділів, спрямованими на гасіння пожежі в резервуарах, є [116]:

- розвідка пожежі;
- охолодження резервуара, що горить, та сусідніх резервуарів;
- підготовка та проведення пінної атаки.

Під час розвідки пожежі, крім виконання загальних завдань розвідки, необхідно визначити [115]:

- кількість та вид ЗР і ГР у резервуарі, що горить, та у сусідніх резервуарах, рівні заповнення, наявність водяної подушки, характер руйнування покрівлі резервуарів;
- стан обвалування, загрозу пошкодження суміжних споруджень у разі викидів чи руйнувань резервуара, шляхи можливого розтікання рідини;
- наявність і стан виробничої і зливової каналізації, оглядових колодязів і гідрозатворів;
- можливість відкачування чи випуску нафтопродуктів з резервуарів і заповнення їх водою чи парою;
- наявність, стан і можливість використання стаціонарних установок та засобів пожежогасіння, водопостачання і піноутворюючих речовин, можливість швидкої доставки піноутворюючих речовин із сусідніх об'єктів.

Піноутворювачі, що застосовуються для гасіння пожеж у резервуарах, повинні відповідати вимогам ДСТУ 3789-98 [93] та ДСТУ 4041-2001 [94]. Під час вибору типу піноутворювача перевагу слід віддавати біологічно “м'яким” плівкоутворювальним піноутворювачам, сертифікованим в Україні.

Інтенсивність подавання робочих розчинів піноутворювача генераторами комбінованої піни типу ПЛСК-800 та ПЛСК-200 для гасіння пожеж в резервуарних парках для нафти та нафтопродукти з температурою спалаху 28°C і нижче та рідин, які нагріті до температури вищої за температуру спалаху повинна становити $0,08 \text{ дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$, а для нафти та нафтопродуктів з температурою спалаху вище 28°C – $0,05 \text{ дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ [116]. У разі гасіння пожеж у резервуарах об'ємом від 5000 м^3 включно до 20000 м^3 включно, інтенсивність подавання робочих розчинів піноутворювачів рекомендується збільшувати на 20-25%, у разі гасіння пожеж у резервуарах об'ємом більше 20000 м^3 , інтенсивність подавання робочих розчинів піноутворювачів рекомендується збільшувати на 40-50% від вказаних значень. У разі подавання комбінованої піни в резервуар на поверхню пального зверху, рекомендується інтенсивність подавання робочого розчину піноутворювача збільшувати у 1,5 рази, якщо тривалість вільного розвитку пожежі становить більше 3 годин.

Розрахунковий час подавання комбінованої піни рекомендується приймати не менше:

50 хв - у разі гасіння нафти та нафтопродуктів з температурою спалаху 28°C і нижче та рідин, які нагріті до температури вищої за температуру спалаху;

30 хв – у разі гасіння нафти та нафтопродуктів з температурою спалаху від 28 до 95°C ;

25 хв – у разі гасіння нафти та нафтопродуктів з температурою спалаху вище 95°C .

У випадку локального руйнування резервуара, площа розтікання продукту горіння (F) визначається межами обвалування, а у випадку повного руйнування резервуара і витоку рідини за межі обвалування вона визначається за формулою [116]:

$$F = K_a \cdot V_p, \quad (5.3)$$

де F – площа розтікання ЛЗР та ГР, що прогнозується, м^2 ;

K_a – коефіцієнт затоплення, м^{-1} ;

V_p – об'єм рідини, що зберігається, м^3 .

Значення коефіцієнта затоплення необхідно приймати залежно від розміщення резервуара на місцевості: 5 – у низині або на рівному майданчику; 12 – на височині.

За методикою [121], площа розтікання легкозаймистих та горючих речовин може визначатись за формулою:

$$F = \frac{M_p}{h_{ш} \cdot \rho}, \quad (5.4)$$

де M_p – кількість рідини що утворює площу пожежі;

$h_{ш}$ – товщина розлитого шару рідини;

ρ - густина рідини.

Якщо рідина зберігалась в цистерні, то маса рідини M_p , що розтекла внаслідок її руйнування, визначається за формулою:

$$M_p = V_{ц} \cdot \lambda \cdot \rho, \quad (5.5)$$

де $V_{ц}$ – об'єм цистерни, m^3 ;

λ - ступінь заповнення резервуара або цистерни (наприклад, нормативне значення λ для повністю заповненої цистерни - $\lambda=0,85$).

Визначення витрати піноутворювача для гасіння пожежі [116]:

$$Q_{п}^r = F \cdot I, \quad (5.6)$$

де I – інтенсивність подачі розчину, $л/(с \cdot m^2)$.

Кількість генераторів комбінованої піни ПЛСК-800 або ПЛСК-200 для пінної атаки становить:

$$N = \frac{Q_n^c}{q_n} \cdot K_3, \quad (5.8)$$

де q_n - витрата комбінованої піни, згенерованої ПЛСК-800 або ПЛСК-200;

K_3 – коефіцієнт запасу (в літній час $K_3 = 1,3$).

Кількість розчину піноутворювача G , потрібного для гасіння пожежі із легкозаймистими та горючими речовинами визначається за формулою:

$$G = Q_2^n \cdot \tau_r \cdot N, \quad (5.9)$$

де τ_r – час гасіння пожежі.

Кількість оперативних підрозділів $K_{оп}$ для організації пінної атаки пожежі із легкозаймистими та горючими речовинами визначається за формулою:

$$K_{оп} = \frac{N}{n}, \quad (5.10)$$

де n – кількість генераторів комбінованої піни, що містить одне відділення (рекомендується $n=2$).

5.5. Висновки за розділом

1. Обґрунтовано параметри та схемні рішення генераторів піни підвищеної вогнегасної здатності та виготовлено їх зразки.

2. У полігонних умовах проведено випробування з визначення тактико-технічних характеристик виготовлених генераторів піни підвищеної вогнегасної здатності і встановлено, що дальність подавання піни з усередненим значенням кратності не менше 60 та витратою робочого розчину піноутворювача загального призначення 12л/с має значення від 22 до 24м, а для генератора комбінованої піни з витратою робочого розчину такого ж піноутворювача 7,5 л/с відповідно 14-16м за кратності піни не менше 45.

3. Розроблено «Методичні рекомендації з використання генераторів комбінованої піни», адаптовані до вимог нормативних документів з гасіння пожеж легкозаймистих та горючих рідин.

4. Проведено техніко-економічне оцінювання ефективності застосування розробленого генератора піни підвищеної вогнегасної здатності з визначеними параметрами і показано, що його вартість в 3,5-4 рази нижча порівняно з відомими аналогами.

ВИСНОВКИ

В дисертаційній роботі, яка є завершеною науковою працею, наведено розв'язання актуальної наукової задачі розкриття впливу особливостей формування комбінованих струменів піни низької та середньої кратності, згенерованих із робочих розчинів піноутворювачів для пожежогасіння загального призначення піногенераторами ежекційного типу, на ефективність припинення горіння легкозаймистих та горючих рідин як наукове підґрунтя створення генераторів комбінованої піни підвищеної вогнегасної ефективності з визначеними параметрами. При цьому одержано наступні наукові та практичні результати:

1. На підставі результатів аналізу сучасного стану досягнень з питань розроблення і застосування технічних засобів та технологій гасіння пожеж висунуто ідею, що підвищення ефективності припинення горіння легкозаймистих та горючих рідин може бути досягнуто шляхом одночасного застосування струменів піни низької та середньої кратності, згенерованих з робочих розчинів піноутворювачів для пожежогасіння загального призначення генераторами комбінованої піни ежекційного типу підвищеної ефективності з обґрунтованими параметрами.

2. За результатами математичного моделювання процесів взаємодії трьох та чотирьох паралельних струменів повітряно-механічної піни низької кратності із струменем піни середньої кратності за однакової їх витрати теоретично обґрунтовано, що внаслідок їх взаємодії та обміну кінетичними енергіями під час фази сумісного польоту створюються передумови забезпечення подавання комбінованої піни з усередненим значенням кратності понад 60 на поверхню горіння легкозаймистих та горючих рідин на відстань від 22 до 24м порівняно з 6-8м у разі застосування лише генератора піни середньої кратності з одним струменем.

3. Теоретично обґрунтовано схему розміщення чотирьох генераторів піни низької кратності відносно генератора піни середньої кратності в конструкції генератора комбінованої піни, за якої досягаються максимальні значення дальності подавання комбінованої піни з усередненим значенням кратності не менше 60 та задовільною стійкістю до бокового вітру із швидкістю до 5 м/с.

4. За результатами експериментальних досліджень, проведених за запропонованими методиками, встановлено залежність кратності піни від товщини дроту та розміру квадратного вічка сітки піногенератора, що описуються відповідними залежностями. Визначено товщину дроту для виготовлення пакету сіток піногенератора (0,6 мм), яка забезпечила найбільшу кратність в експериментальних умовах, та оптимальний розмір квадратного вічка сітки: для стандартизованого піногенератора за ДСТУ 3789-98 – 0,8 мм, для генераторів піни типу ГПС – 1,5 мм.

5. За результатами експериментальних досліджень у полігонних умовах виявлено ефект синергізму ефективності припинення горіння легкозаймистих та горючих рідин у разі взаємодії поверхні їх горіння із комбінованою піною, який проявляється у тому, що значення показника вогнегасної здатності комбінованої піни є нижчим ($3,30 \text{ кг/м}^2$) за значення кожного окремого її компонента ($10,24 \text{ кг/м}^2$ та $4,00 \text{ кг/м}^2$ відповідно для піни низької та середньої кратності).

6. За результатами теоретичних та експериментальних досліджень обґрунтовано параметри та виготовлено удосконалені генератори комбінованої піни та визначено їх тактико-технічні характеристики у полігонних умовах, зокрема дальність подавання комбінованої піни з усередненим значенням кратності не менше 60 та витратою робочого розчину піноутворювача загального призначення 12л/с має значення від 22 до 24м, а для генератора комбінованої піни з витратою робочого розчину такого ж піноутворювача 7,5 л/с відповідно 14-16м за кратності піни не менше 45.

7. Результати теоретичних та експериментальних досліджень впроваджено у виробництво Чернігівського колективного підприємства «Пожтехніка», а також на ТОВ «Хладар-Техсоюз» шляхом виготовлення зразків генераторів комбінованої піни підвищеної ефективності за розробленими технічними умовами. Зразки генераторів комбінованої піни із обґрунтованими за результатами дисертаційних досліджень параметрами також впроваджено у практичну діяльність ГУ ДСНС України у м. Києві та отримали позитивне схвалення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Статистика пожеж та їх наслідків в Україні за 2004-2008 рр.: Статистичний збірник. Під загальною редакцією Я.І. Хом'яка. – К. : УкрНДІПБ МНС України, 2009. – 98 с.
2. Звіт про науково-дослідну роботу Провести дослідження стану з пожежами в Україні, дослідити причини їх виникнення та визначити проблемні питання в системі забезпечення пожежної безпеки в державі. – К. : УкрНДІЦЗ МНС України, 2011. – 923 с.
3. Ковалишин В. В. Збільшення віддалі подачі піни різної кратності / В. В. Ковалишин, О. В. Грушовінчук // Пожежна безпека : зб. наук. пр. – Львів : ЛДУ БЖД, 2008. – № 12. – С. 41-44.
4. Ковалишин В. В. Дослідження залежності кратності повітряно-механічної піни від розміру вічка піногенератора / В. В. Ковалишин, О. В. Грушовінчук, В. І. Луц // Пожежна безпека : зб. наук. пр. – Львів : ЛДУ БЖД, 2010. – № 16. – С. 54-59.
5. Кирилів Я. Б. Дослідження залежності товщини плівки повітряно-механічної піни від розміру вічка сітки піногенератора / Я. Б. Кирилів, О. В. Грушовінчук // Пожежна безпека : зб. наук. пр. – Львів : ЛДУ БЖД, 2010. – № 17. – С. 184-190.
6. Дослідження залежності кратності повітряно-механічної піни від геометричних параметрів піногенератора / Ковалишин В. В., Улинець Е. М., Грушовінчук О. В., Кавецький В. В. // Науковий вісник УкрНДІПБ. – 2011. – № 2 (24). – С. 74-80.
7. Ковалишын В. В. Обоснование параметров генераторов пены эжекторного типа повышенной огнетушащей эффективности / В. В. Ковалишын, А. В. Грушовинчук // Safety & Fire Technique (Безопасность и пожарная техника). – Polska, Jozefov: CNOBP-PIB, ViTP, 2015. – Vol. 38, issue 2. – P. 125-132.
8. Ковалишин В. В. Дослідження з визначення вогнегасної ефективності піни різної кратності генерованої з 6% розчину піноутворювача «Альпен» / В. В. Ковалишин, О. В. Грушовінчук // Пожежна безпека: теорія і практика : зб. наук. праць. – Черкаси : АПБУ, 2015. – № 25. – С. 45-52.
9. Пат. на винахід №89274 МПК А62D1/00. Ствол комбінованої подачі піни середньої та низької кратності для гасіння пожеж / В. В. Ковалишин, В. І. Луц,

- О. В. Грушовінчук; заявник та патентовласник Львів. держ. ун-т безпеки життєдіяльності. – № а 200805136; заявл. 21.04.2008; опубл. 11.01.2010. – Бюл. 1.
10. Грушовінчук О. В. Дослідження з підвищення дальності подачі піни різної кратності / О. В. Грушовінчук // Проблеми та перспективи розвитку забезпечення пожежної безпеки життєдіяльності : Матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. курсантів та студентів. – Львів : ЛДУ БЖД, 2008. – С. 292-294.
 11. Грушовінчук О. В. Збільшення польоту подачі піни різної кратності / О. В. Грушовінчук, В. В. Ковалишин, В. І. Луц // Пожежна безпека-2009 : зб. тез доповідей ІХ Міжнар. наук.-практ. конф. – Львів : ЛДУ БЖД, 2009. – С. 77-78.
 12. Ковалишин В. В. Вертикальні струмені при довільній залежності сили опору від швидкості та сили їх взаємодії / В. В. Ковалишин, Я. Б. Кирилів, О. В. Грушовінчук // XIII Міжнародний виставковий форум «Технології захисту/ПожТех-2014» : матер. 16 Всеукр. наук.-практ. конф. рятувальників. – Львів : ЛДУ БЖД, 2014. – С. 140-142.
 13. Грушовінчук О. В. Визначення вогнегасної ефективності механічної піни різної кратності / О. В. Грушовінчук, М. П. Сорочич, В. В. Ковалишин // Проблеми екології та енергозабезпечення в суднобудуванні : матер. X Міжнар. наук.-техн. конф. – Миколаїв, 2015. – С. 263-265.
 14. Исследования в области перспективных средств и способов активной противопожарной защиты резервуаров с нефтью и нефтепродуктами: сб. тезисов докладов [«XXIV Междун. науч.-практ. конф. по проблемам пожарной безопасности посвященная 75-летию ВНИИПО»] / [Копылов С.Н.[и др.]. – М.: ВНИИПО, 2012. – Ч.1. – С. 35-39.
 15. Безродный И. Ф. Тушение нефти и нефтепродуктов : пособие / Безродный И. Ф., Гилетич А. Н., Меркулов В. А. – М. : ВНИИПО, 1996. – 216 с.
 16. Сучков В. П. Пожары резервуаров с нефтью и нефтепродуктами / В. П. Сучков, И. Ф. Безродный, А. В. Вязниковцев // Обзорн. Информ. – М. : ЦНИИТЭнефтехим, 1992. – Вып. №34. – 100 с.
 17. Безродный И. Ф. Основные закономерности тушения пожаров нефти и нефтепродуктов пеняй / И. Ф. Безродный // Пожаротушение на объектах нефте-

перерабатывающей и нефтехимической промышленности : сб. науч. тр. – М. : ВНИИПО, 1991. – С. 3-18.

18. Безродный И. Ф. Современные технологии пожаротушения / И. Ф. Безродный, В. А. Меркулов, А. Н. Гилетич // Юбилейный сборник трудов ВНИИПО. – М. : ВНИИПО МВД России, 1997. – С. 335-349.
19. Безродный И. Ф. Современные технологии пожаротушения / И. Ф. Безродный // Состояние и перспективы развития противопожарной защиты объектов добычи, транспортировки и переработки нефти и газа : матер. Всерос. совещания. – Альметьевск, Татарстан, 1997. – С. 48-51.
20. Application of foam in the petroleum industry / Fire Int., 1986. – Volume 10, № 98.– P. 582 (148/3-1).
21. Foam system well proven against oil tank fires / Fire, 1988. – № 993. – P. 40.
22. Nash P. Fighting Fires in Oil storage Tanks. Using base injection of foam: Part 2 / Nash P., Whittle J. // Fire Technol, 1978. – Volume 14, № 2. – PP. 147 - 158.
23. Nash P. Fighting Fires in Oil storage tanks. Using Base Injection of foam: Part 1 / Nash P., Whittle J. // Fire Technol, 1978. – Volume 14, № 1. – PP. 15 - 27.
24. Волков О. М. Пожарная безопасность на предприятиях транспорта и хранения нефти и нефтепродуктов / О. М. Волков, Г. А. Проскуряков. – М. : Недра, 1981. – 256 с.
25. Шароварников А. Ф. Тушение пожаров нефти и нефтепродуктов / [Шароварников А.Ф., Молчанов В.П., Воевода С.С., Шароварников С.А.]. – М.: Пожн-ука, 2005. – 437 с.
26. Рекомендации по тушению пожаров нефти и нефтепродуктов в резервуарах – М. : ВНИИПО, 1991. – 48 с.
27. Cong Bei-hua Methods of computer modeling of fire dynamics / Cong Bei-hua, Liao Guang-xuan // Journal Disaster Prevention, 2003. – № 2. – P. 63-69.
28. Сумарченкова И. А. Оценка риска возникновения аварийных ситуаций в резервуарных парках хранения нефти / И. А. Сумарченкова, С. М. Петров // Проблемы и методы обеспечения надежности и безопасности систем транс-

порта нефти, нефтепродуктов и газа : матер. науч.-практ. конф. – Уфа : РЖ
Пожарная охрана. – 2009. – С. 52-59.

29. Улинец Э. М. Математическая модель пожара в обваловании резервуара в условиях ветровой нагрузки / Э. М. Улинец // Науковий вісник будівництва. – 2008. – Вип. 50. – С. 223-228.
30. Улинец Э. М. Математическая модель теплового воздействия пожара разлива нефтепродукта на резервуар / Э. М. Улинец // Проблемы пожарной безопасности. – 2008. – Вып. 24. – С. 227-231.
31. Sacadura J. F. Radiative heat transfer in fire safety science / Sacadura J. F. // J. Quant. Spectrosc. and Radiat. Transfer. – 2005. – 93, №1-3 – PP. 5-24.
32. Yuan Di-ping. Methods of fire safety at the fuel tank store / Yuan Di-ping, Wang Guo-chen, Zhang Jing // Fire Science and Technology. – 2003. – 22, № 6. – PP. 531-533.
33. Руководство по тушению нефти и нефтепродуктов в резервуарах и резервуарных парках. – М. : ГУГПС-ВНИИПО-МИПБ, 2000.
34. Горбенко Н. А. Влияние теплового потока на нагрев резервуара / Н. А. Горбенко, О. П. Алексеев // Проблемы пожарной безопасности, 2004. – №6. – С. 38–43.
35. Виноградов А. В. Методика розрахунку температури стінки резервуара для паливно-мастильних матеріалів під час пожежі / А. В. Виноградов, А. Н. Бурлаченко // Пожежна безпека. – 2002. – № 6. – С. 5-6.
36. Кокорин В. В. Проблемы эффективного тушения пожаров вертикальных стальных резервуаров в слой горючего / В. В. Кокорин, И. Н. Романова, Ф. Ш. Хафизов // Нефтегазовое : электрон. науч. журнал. – 2012. – №3. – С. 255-260.
37. Хафизов И. Ф. Происхождение, развитие и перспективы пенного пожаротушения на предприятиях топливно-энергетического комплекса / И. Ф. Хафизов, И. А. Хайретдинов // Нефтегазовое дело : электрон. науч. журнал. – 2014. – №2. – С. 309-320.

38. Басманов А. Е. Моделирование нагрева водной пленки, стекающей по стенке резервуара / А. Е. Басманов, А. А. Михайлюк // Проблемы пожарной безопасности. – 2010. – №28. – С. 42-46.
39. Басманов А. Е. Взаимодействие водной струи со стенкой резервуара при его охлаждении в условиях пожара / А. Е. Басманов, А. А. Михайлюк // Проблемы пожарной безопасности. – 2009. – №25. – С. 14-20.
40. Сучков В. П. Варианты развития пожаров в хранилищах нефтепродуктов / В. П. Сучков, В. П. Молчанов // Пожарное дело. – М. : 1994, №11. – С. 40-44.
41. Определение нормативного запаса пенообразователя для тушения горючих жидкостей в резервуарах : рекомендации. – М. : ВНИИПО, 1986. – 29 с.
42. Аналіз стану пожежної безпеки на залізницях України, підприємствах прямого підпорядкування Укрзалізниці: ЦЗМ-12/256 [Чинний від 28.01.2015]. – К. – Міністерство транспорту України 2015 – 45 с.
43. Кацман М. Д. Математична модель визначення ймовірностей можливих екологічних наслідків залізничних аварій [Електронний ресурс] / М. Д. Кацман // Зб. наук. пр. Харківського університету Повітряних сил. – 2013. – Вип. 1. – С. 182-185.
44. Кацман М. Д. Аналіз рекомендованих дій підрозділів залізниці у разі витоків, розливів та розсипів небезпечних вантажів при їх перевезенні залізничним транспортом [Електронний ресурс] / М. Д. Кацман, В. К. Мироненко, М. І. Адаменко, М. М. Горбаха // Зб. наук. пр. Державного економіко-технологічного університету транспорту. - 2012. – Вип. 21. – С. 152-159. (Сер. : Транспортні системи і технології).
45. Кацман М. Д. Застосування пожежних поїздів для ліквідації транспортних подій з небезпечними вантажами [Електронний ресурс] / М. Д. Кацман // Науковий вісник НЛТУ України. – 2012. – Вип. 22.12. – С. 96-102.
46. Юхимчук С. В. Використання інтелектуальних технологій для аналізу небезпечних ситуацій на залізничному транспорті / Юхимчук С. В., Савчук Т. О., Кацман М. Д. // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2009. – № 4. – С. 53–60.

47. Ковалишин В. В. Пінне гасіння : навч. посібник / Ковалишин В.В., Васільєва О.Е., Козяр Н.М. – Львів : ЛДУ БЖД, 2007. – 168 с.
48. Шароварников А. Ф. Противопожарные пены. Состав, свойства, применение / Шароварников А. Ф. – М. : Знак, 2000. – 464 с.
49. Билкун Д. Г. Огнетушащие свойства пен низкой и средней кратности из пенообразователей различных типов / [Билкун Д. Г., Казаков В.М., Моисеенко В. П., Пешков В. В.] // Пожаротушение : сб. науч. трудов. – М. : ВНИИПО, 1984. – С.10-15.
50. Пешков В. В. Повышение огнетушащей эффективности пенообразователей с помощью полиэтиленполиаминов / В. В. Пешков, М. В. Пузако, Д. Г. Билкун // Средства и способы пожаротушения : сб. науч. тр. – М. : ВНИИПО, 1988. – С. 67-72.
51. Билкун Д. Г. Новые пенообразователи общего назначения на основе алкилсульфатов / [Билкун Д. Г., Пешков В. В., Троян М. Д., Дубков П. Ф.] // Пожарная техника и тушение пожаров : сб науч. тр. – М. : ВНИИПО, 1981. – 257 с.
52. The reason we use light Water AFFF/AIC is because we fight // Hazardous Cargo Bulletin, 1988. – Volume 4. – PP. 67.
53. Kumar A. Sushil. Hazards on wheels pose problems in India / Kumar A. // Fire International, 1987. – № 106. – PP.42-49.
54. Пешков В. В. Водопенные средства тушения / В. В. Пешков // Юбилейный сборник трудов ВНИИПО. – М. : ВНИИПО, 1997. – С. 362-372.
55. Chen Nan. The fire risk analysis under a leakage of inflammable liquids / Chen Nan // Fire Science and Technology, 2004. – 23, № 1. – PP. 80-83.
56. Казаков М. В. Применение смачивателей для тушения пожаров / М. В. Казаков, П. Г. Демидов. – М. : Строиздайт, 1964. – 56 с.
57. Пенное пожаротушение в Германии. Schaumlogistik der Feuerwehr Dusseldorf. Brandschutz, 2010. – 64. № 2. – С. 117-121.
58. Fingas M. An introduction to insituburning of oil spills / Fingas M., Laroche N. // Spill Technol. Newsiett, 1990. – № 4. Vol. 25. – PP. 1-20.

59. ДСТУ 2107-92. Стволи повітрянопінні. Технічні умови. Чинний 01.01.1994. – К. : Держстандарт України, 2000. – 10 с.
60. ДСТУ 2802-94. Стволи пожежні лафетні комбіновані. Технічні умови. Чинний 01.07.1996. – К. : Держстандарт України, 2000. – 12 с.
61. Иванов А. Ф. Пожарная техника. Часть 1. Пожарно-техническое оборудование / Иванов А.Ф. – М.: Стройиздат, 1988. – 415 с.
62. Пат. 10083, Україна, А62С2/00. Установка для гасіння цистерн з горючими та легкозаймистими рідинами / Луц В. І., Ковалишин В. В. – № 20040907639; заявл. 20.09.04.; опубл. 15.11.05.; Бюл. №11, 2 с.
63. ООО "Харцызский машиностроительный завод" [Електронний ресурс] — Режим доступу до сайту: <http://www.xmz.com.ua/fire.shtml>
64. "Научно-производственное объединение "Современные пожарные технологии" (ООО "НПО СОПОТ")[Електронний ресурс] — Режим доступу до сайту: <http://www.sopot.ru/>.
65. Каталог продукції фірми РОК [Електронний ресурс] — Режим доступу до сайту: http://media.pok.fr/Catalogue/CAT_RU2012/PDF/CAT_RU2012.pdf.
66. Техническая документация на установки типа «Пурга». – С.-П. : НПО «Сопот», 2004. – 68 с.
67. Ковалишин В. В. Розробка пересувних генераторів подачі піни середньої кратності для гасіння легкозаймистих та горючих рідин / В. В.Ковалишин, В. І. Луц // Пожежна безпека : зб. наук. праць. – Львів : ЛПБ МНС України. – 2005. – №6. – С. 174-177.
68. Ковалишин В. В. Експериментальні дослідження комбінованих генераторів піни середньої кратності для гасіння горючих речовин / В. В.Ковалишин, В. І. Луц, І. В. Дворянин // Пожежна безпека : зб. наук. праць. – Львів : ЛДУ БЖД МНС України. – 2006. – №9. – С.28-33.
69. Ковалишин В. В. Обґрунтування конструктивних параметрів комбінованого лафетного ствола для гасіння легкозаймистих та горючих рідин / В. В. Ковалишин, В. І. Луц // Машинознавство. – Львів, 2006. – № 8(110). – С. 41-46.

70. Луц В. І. Результати натурних вогневих випробувань пінного лафетного ствола комбінованого ПЛСК-700 / В. І. Луц // Науковий вісник УкрНДІПБ. – Київ, 2007. – №1(15). – С.103-106.
71. Ковалишин В. В. Розроблення пересувних генераторів піни середньої кратності для гасіння пожеж у резервуарах з легкозаймистими та горючими речовинами / В. В. Ковалишин, В. І. Луц // Пожежна та техногенна безпека України 2005 : матер. наук.-практ. заходів спеціалізованої виставки. – Київ, 2005. – С. 55-56.
72. Котов С. Г. Эффективность тушения пожаров при введении пены под слой горючего / Котов С. Г., Навроцкий О. Д. // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2003. – № 3(13). – С. 43-48.
73. Луц В. І. Підвищення ефективності гасіння пожеж легкозаймистих та горючих речовин комбінованими пінними струменями : автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Л., 2007. – 20 с.
74. Казаков М. В. Применение поверхностно-активных веществ для тушения пожаров / М. В. Казаков. – М. : Строиздайт, 1977. – 81 с.
75. Казаков М. В. Средства и способы тушения пламени горючих гидкостей / М. В. Казаков, И. И. Петров, В. Ч. Реутт. – М. : Стройиздат, 1977. – С. 98.
76. Исследования в области перспективных средств и способов активной противопожарной защиты резервуаров с нефтью и нефтепродуктами / [Копылов С.Н.[и др.] // : сб. тезисов-докладов [«XXIV междунар. науч.-практ. конф. по проблемам пожарной безопасности посвященная 75-летию ВНИИПО»]. – М. : ВНИИПО, 2012. – Ч.1. – С. 35-39.
77. Петров И. И. Тушение пламени жидких топлив методом перемешивания / И.И. Петров, В. Ч. Реутт // Новые способы и средства тушения пламени нефтепродуктов. – М.: Гостоптехиздат, 1960. – С. 30-83.
78. Новые методы тушения нефтепродуктов в резервуарах и крупных площадных пожаров / / [Ерохин С.П. и [др.]// Сб. тезисов- докладов [XXIV Междунар. науч.-практ. конф. по проблемам пожарной безопасности посвященная 75-летию ВНИИПО]. – М.: ВНИИПО, 2012. – Ч.1. – С. 19-21.

79. Вогнегасні речовини / [А.В. Антонов та [ін.]. – К. : Пожінформтехніка, 2004 – 171 с.
80. Вплив тиску перед піногенератором на піноутворювальну здатність піноутворювачів загального призначення та залежність вогнегасної ефективності піни від її кратності / [А.В. Антонов та [ін.] // Науковий вісник УкрНДІПБ. – 2002.– №1(5). – С. 105-111.
81. Дослідження залежності вогнегасної здатності піни від її кратності / [А.В. Антонов та [ін.] // Пожежна безпека – 2001 : матер. V наук.-практ. конф. – Львів : Сполом. – 2001. – С. 271-273.
82. Луц В. І. Вдосконалення пожежного ствола для гасіння нафтопродуктів // Промислова гідравліка і пневматика : VI Міжнар. наук.-техн. конф. АСПГП. – Львів, 2005. – С.10.
83. Луц В. Нові напрямки в техніці гасіння пожеж комбінованими пінними струменями / В. Луц, І. Юрчишин, Я. Новіцький // Матер. седьмой ежегодной междунар. промышленной конф. – Славское, Карпаты. – 2007. – С.131-132.
84. Kovalyshyn V. Increasing of efficiency of extinguishing of reservoirs with flammable combustible matters / V. Kovalyshyn, V. Lush // Konferencija požarni bezpecnost staveb. – 2007. – Ostrava. – P.37-39.
85. Кузьо І. В. Дослідження ефективності процесу транспортування струменя повітряно-механічної піни середньої кратності струменем повітряно-механічної піни низької кратності / І. В. Кузьо, В. І. Луц // Пожежна безпека : зб. наук. праць. – Львів : ЛДУ БЖД МНС України. – 2006. – №8. – С. 93-98.
86. Кузьо І. В. Визначення траєкторії сумісного руху гідравлічних струменів повітряно-механічної піни різної кратності / І. В. Кузьо, В. І. Луц // Промислова гідравліка і пневматика. – Вінниця, 2006. – №4 (14). – С.17-20.
87. Качалов А. А. Противопожарное водоснабжение / А. А.Качалов, Ю. П. Воротынецев, А. В. Власов. – М. : Стройиздат, 1985. – 286 с.
88. Ольшанский В. П. До розрахунку траєкторії гідравлічного пожежного струменя / Ольшанский В. П., Халипа В. М. // Можливості використання методів

механіки до розв'язання питань безпеки в умовах надзвичайних ситуацій : матер. Першої міжвуз. наук.-практ. конф. – Харків : АПБУ, 2003. – С. 35-36.

89. Ольшанский В. П. О применении методов механики к расчету траектории пожарной гидравлической струи / В. П. Ольшанский // Проблемы пожарной безопасности. – Харьков : АПБУ, 2003. – С. 136-146.
90. Ольшанский В. П. Об одной полуэмпирической теории гидравлической пожарной струи / В. П. Ольшанский // Проблемы пожарной безопасности : сб. науч. трудов АПБУ. – Харьков : Фолио, 2003. – Вып. 13. – С.114-119.
91. Ольшанский В. П. Формули розрахунку гідравлічних пожежних струменів / В. П. Ольшанский // Пожежна безпека. – 2003. – №5. – С. 28-29.
92. Ольшанский В. П. Применение методов механики к расчету параметров гидравлических пожарных струй / В. П. Ольшанский, И. В. Мищенко, Г. А. Чернобай // Пожарная безопасность – 2003: матер. 4-й научно-практ. конф. Харьков : АПБУ, 2003. – С. 219-220.
93. Ольшанский В. П. Приближенные методы расчета гидравлических пожарных струй / В. П. Ольшанский, В. М. Халипа, О. А. Дубовик. – Харьков : Митець, 2004. – 113 с.
94. ДСТУ 3789–98. Піноутворювачі загального призначення для гасіння пожеж. Загальні технічні вимоги і методи випробувань.
95. ТУ У 24.6-32740136-001:2006. Піноутворювач для пожежогасіння загального призначення «Альпен». Технічні умови.
96. Дослідження з визначення тактико-технічних характеристик установки комбінованого гасіння пожеж “Пурга-5” / Чучковський В. М., Меренков В. П., Ілляшенко Г. В., та ін. // Науковий вісник УкрНДІПБ. – 2002. – №2 (6). – С. 175-182.
97. ДСТУ 4041–2001. Піноутворювачі спеціального призначення, що використовуються для гасіння пожеж водонерозчинних і водорозчинних горючих рідин. Загальні технічні вимоги і методи випробувань.
98. ДСТУ 2113-92 (ГОСТ 12962-93). Генератори піни середньої кратності. Технічні умови.

99. ДСТУ 3675-98. Пожежна техніка. Вогнегасники переносні. Загальні технічні вимоги та методи випробувань.
100. ДСТУ 2107-92 (ГОСТ 11101-93). Стволи повітрянопінні. Технічні умови.
101. ДСТУ 3675-98 Вогнегасні речовини. Піноутворювачі. Частина 1. Вимоги до піноутворювачів, призначених для гасіння водонерозчинних горючих рідин піною середньої кратності, що подається на поверхню (EN 1568-1:2008, EN 1568-1:2008/AC:2010, IDT).
102. Інструкція про порядок застосування і випробування піноутворювачів для пожежогасіння (проект). – К. : УкрНДПБ МНС України, 2006.
103. ДСТУ 3412-96 Система сертифікації УкрСЕПРО. Вимоги до випробувальних лабораторій.
104. ГОСТ 2517-85 Нефть и нефтепродукты. Методы отбора проб.
105. ДСТУ 2272 Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять. – К.: Держ. спожив. стандарт, 2007.
106. ДСТУ 2273 Пожежна техніка. Терміни та визначення основних понять. – К.: Держ. спожив. стандарт, 2006.
107. ДСТУ 1.3:2004 «Правила побудови, викладання, оформлення, погодження, прийняття та позначення технічних умов».
108. Абдурагимов И. М. Физико-химические свойства развития пожаров. – М.: Редакционно-издательский отдел, 1980. – 215 с.
109. Звіт про науково-дослідну роботу "Провести аналіз стану протипожежного захисту технологічних процесів нафтопереробних підприємств та виконати обґрунтування щодо постановки прикладних науково-дослідних робіт" (ПБ нафтопереробних підприємств). – К. : УкрНДПБ, 1997. – 126 с.
110. Фарамазов С. А. Эксплуатация оборудования нефтеперерабатывающих заводов. – М. : Химия, 1969. – 304 с.
111. СНиП 2.11.03-93 Склади нафти та нафтопродуктів. Протипожежні норми.
112. НАПБ В.01.058-2008/112 «Правила пожежної безпеки для об'єктів зберігання, транспортування та реалізації нафтопродуктів».

113. Пожарная тактика : учеб. для пожарно-техн. училищ / Я. С. Повзик, П. П. Ключ, А. М. Матвейкин. – М. : Стройиздат, 1990. – 335 с.: ил. (Пожарна тактика).
114. Повзик Я. С. Справочник руководителя тушения пожара. – М. : ЗАО «Спецтехніка», 2004. – 361 с.
115. Наказ МНС України від 13 березня 2012 року № 575 Статут дій у надзвичайних ситуаціях органів управління та підрозділів оперативно-рятувальної служби цивільного захисту.
116. НАПБ 05.035-2004 Інструкція щодо гасіння пожеж у резервуарах із нафтою та нафтопродуктами.
117. ВБН В.2.2-58.1-94 зі зміною №1 Проектування складів нафти і нафтопродуктів з тиском насичених парів не вище 93,3 кПа.
118. Служба снабження регионов [Електронний ресурс] — Режим доступу до сайту: <http://www.ssr-russia.ru/catalog/lafetnye-stvoly-purga/8821/>.
119. Наказ МНС України від 07.05.2007 № 312 Правила безпеки праці в органах і підрозділах МНС України.
120. Наказ МНС України від 23.09.2011 №1021 Методичні рекомендації зі складання та використання оперативних планів і карток пожежогасіння.
121. Рекомендации по тушению пожаров установками комбинированного тушения пожаров типа «Пурга» и применению специализированного пожарного поезда для ведения работ по тушению пожаров и аварийной разгрузке цистерн с нефтепродуктами. – М. : МПС РФ, 2002. – 68 с.

ДОДАТОК А**Акт впровадження стволів у ГУ ДСНС України у м. Києві**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Т.в.о. начальника Головного управління ДСНС України у м. Києві
полковник служби цивільного захисту
І.Б. Шарий
« » 2015 р.

АКТ

Впровадження в практичну діяльність Головного управління ДСНС України у м. Києві результатів дисертаційної роботи начальника ВДНК та ЦЗ капітана служби цивільного захисту Грушовінчука О.В.

Комісія у складі: голови – начальника управління реагування на надзвичайні ситуації Головного управління ДСНС України у м. Києві, підполковника служби цивільного захисту Колодія А.І. та членів: заступника начальника управління – начальника відділу організації реагування та готовності підрозділів управління реагування на надзвичайні ситуації Головного управління ДСНС України у м. Києві, майора служби цивільного захисту Войтовича М.О., начальника оперативно-координаційного центру Головного управління ДСНС України у м. Києві, майора служби цивільного захисту Сухомлина Ю.В., заступника начальника управління ресурсного забезпечення - начальника відділу технічного забезпечення управління ресурсного забезпечення Головного управління ДСНС України у м. Києві, підполковника служби цивільного захисту Коноваленка Ю.Ю., начальника служби охорони праці Головного управління ДСНС України у м. Києві, старшого лейтенанта служби цивільного захисту Стародубцева Є.О., головного фахівця відділу організації пожежогасіння та роботи з об'єктовими підрозділами управління реагування на надзвичайні ситуації Головного управління ДСНС України у м. Києві, капітана служби цивільного захисту Герасимчука І.В. склала даний акт, про використання матеріалів дисертаційної роботи, капітана служби цивільного захисту Грушовінчука О.В. та стверджує, що результати його експериментальних та теоретичних досліджень пінного лафетного ствола комбінованого ПЛСК-800 та ПЛСК-200 можуть бути використані в практичній діяльності підрозділів Головного управління ДСНС України у м. Києві для підвищення ефективності роботи та рівня протипожежного захисту об'єктів, що знаходяться під їх охороною.

В практичну діяльність підрозділів Головного управління ДСНС України у м. Києві впроваджується:

1. Конструкції пінних лафетних стволів комбінованих ПЛСК-800 та ПЛСК-200.
2. Рекомендації по складанню планів пожежогасіння з використанням стволів ПЛСК-800 та ПЛСК-200.

Даний акт не може бути підставою для отримання премій та інших винагород.

Голова комісії

Начальник управління на надзвичайні ситуації
Головного управління ДСНС України у м. Києві
підполковник служби цивільного захисту

А.І. Колодій

Члени комісії:

Заступник начальника управління реагування – начальника відділу організації реагування та готовності підрозділів управління реагування на надзвичайні ситуації Головного управління ДСНС України у м. Києві
майор служби цивільного захисту

М.О. Войтович

Начальник оперативно-координаційного центру
Головного управління ДСНС України у м. Києві
майор служби цивільного захисту



Ю.В. Сухомлин

Заступник начальника управління ресурсного
забезпечення - начальник відділу технічного
забезпечення управління ресурсного забезпечення
Головного управління ДСНС України у м. Києві
підполковник служби цивільного захисту



Ю.Ю. Коноваленко

Начальник служби охорони праці
Головного управління ДСНС України у м. Києві
ст. лейтенант служби цивільного захисту



Є.О. Стародубцев

Головний фахівець відділу організації
пожежогасіння та роботи з об'єктовими
підрозділами управління реагування
на надзвичайні ситуації
Головного управління ДСНС України у м. Києві
капітан служби цивільного захисту



І.В. Герасимчук

А.І. Коновалів

М.О. Войтович

ДОДАТОК Б

**Акт впровадження ПЛСК-800 у виробництво Чернігівського
КП «Пожтехніка»**

**ДОБРОВІЛЬНЕ ПОЖЕЖНЕ ТОВАРИСТВО УКРАЇНИ
ЧЕРНІГІВСЬКЕ КОЛЕКТИВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
«ПОЖТЕХНІКА»**

14032, м.Чернігів, вул. Белова 13
Код ЄДРПОУ 05388859, р/р № 26009002109 в ПАТ "Полікомбанк" м. Чернігів,
МФО 353100, с-во № 100122434, ПІН 053888525261

“ ” _____ 2012 р № _____

На № _____ від _____



Директор ЧКП «Пожтехніка»
Бисеров П.М.

**АКТ
впровадження у виробництво Чернігівського колективного
підприємства «Пожтехніка» результатів дисертаційної роботи
ад'юнкта ЛДУБЖД капітана служби цивільного захисту
Грушовінчука Олександра Володимировича**

Комісія у складі голови комісії – головного інженера Кулиби В.О. та членів комісії: начальника техвідділу Савченко Н.В., керівника групи випробувань вогнегасних речовин ТОВ «Незалежна лабораторія пожежної безпеки» к.т.н, с.н.с. Ліхновського Р.В. склала цей акт про використання матеріалів дисертаційної роботи ад'юнкта ЛДУБЖД капітана служби цивільного захисту Грушовінчука Олександра Володимировича та стверджує, що розроблена конструкція пінного лафетного ствола комбінованого (ПЛСК - 800) внесена в перелік продукції, що виробляється підприємством.

Для впровадження у виробництво розглянули наступні матеріали дисертаційного дослідження:

1. Ескізи ствола ПЛСК – 800 для одночасної подачі піни середньої та низької кратності.
2. Проект технічних умов на ствол ПЛСК – 800.
3. Протокол кваліфікаційних випробувань ствола ПЛСК – 800.

Цей акт не може бути підставою для отримання премій та інших винагород.

Голова комісії

В.О. Кулиба

Члени комісії:

Н.В. Савченко

Р.В. Ліхновський

ДОДАТОК В

**Акт впровадження ПЛСК-200 у виробництво Чернігівського
КП «Пожтехніка»**

**ДОБРОВІЛЬНЕ ПОЖЕЖНЕ ТОВАРИСТВО УКРАЇНИ
ЧЕРНІГІВСЬКЕ КОЛЕКТИВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
«ПОЖТЕХНІКА»**

14032, м. Чернігів, вул. Белова 13
Код ЄДРПОУ 05388859, р/р № 26009002109 в ПАТ "Полікомбанк" м. Чернігів,
МФО 353100, с-во № 100122434, ПН 053888525261

“ ” _____ 2012 р № _____

На № _____ від _____



Директор ЧКП «Пожтехніка»
Бистров П.М.

АКТ

впровадження у виробництво Чернігівського колективного підприємства «Пожтехніка» результатів дисертаційної роботи ад'юнкта ЛДУБЖД капітана служби цивільного захисту Грушовінчука Олександра Володимировича

Комісія у складі голови комісії – головного інженера Кулиби В.О. та членів комісії: начальника техвідділу Савченко Н.В., керівника групи випробувань вогнегасних речовин ТОВ «Незалежна лабораторія пожежної безпеки» к.т.н, с.н.с. Ліхновського Р.В. склала цей акт про використання матеріалів дисертаційної роботи ад'юнкта ЛДУБЖД капітана служби цивільного захисту Грушовінчука Олександра Володимировича та стверджує, що розроблена конструкція пінного лафетного ствола комбінованого (ПІСК - 200) внесена в перелік продукції, що виробляється підприємством.

Для впровадження у виробництво розглянули наступні матеріали дисертаційного дослідження:

1. Ескізи ствола ПІСК – 200 для одночасної подачі піни середньої та низької кратності.
2. Проект технічних умов на ствол ПІСК – 200.
3. Протокол кваліфікаційних випробувань ствола ПІСК – 200.

Цей акт не може бути підставою для отримання премій та інших винагород.

Голова комісії

В.О. Кулиба

Члени комісії:

Н.В. Савченко

Р.В. Ліхновський

ДОДАТОК Д**Акт впровадження ПЛСК-800 у виробництво ТОВ «Хладар-Техсоюз»**



ТОВ «Хладар-Техсоюз»

69120 м. Запоріжжя, вул. Вороніна 9а кв 53
Код ЄДРПОУ 32463639, ІНН 324636308300
факс/тел. 0612187468 e-mail: hts_s@mail.ru

З А Т В Е Р Д Ж У Ю
Директор ТОВ «Хладар-Техсоюз»
Сізов С.О.
«__» вересня 2012

АКТ
впровадження у виробництво ТОВ «Хладар-Техсоюз» результатів
дисертаційної роботи ад'юнкта ЛДУБЖД
капітана служби цивільного захисту
Грушовінчука Олександра Володимировича

Комісія у складі голови комісії – головного інженера Курілова В.М. та членів комісії: начальника техвідділу Пилипенко Ю.М., технічного директора ТОВ «Незалежна лабораторія пожежної безпеки» к.т.н, с.н.с. Цапка Ю.В. склала цей акт про використання матеріалів дисертаційної роботи ад'юнкта ЛДУБЖД капітана служби цивільного захисту Грушовінчука Олександра Володимировича та стверджує, що розроблена конструкція пінного лафетного ствола комбінованого (ПЛСК - 800) внесена в перелік продукції, що виробляється підприємством.

Для впровадження у виробництво розглянули наступні матеріали дисертаційного дослідження:

1. Ескізи ствола ПЛСК – 800 для одночасної подачі піни середньої та низької кратності.
2. Проект технічних умов на ствол ПЛСК – 800.
3. Протокол кваліфікаційних випробувань ствола ПЛСК – 800.

Цей акт не може бути підставою для отримання премій та інших винагород.

Голова комісії  _____ В.М.Курілов

Члени комісії:  _____ Ю.М. Пилипенко

 _____ Ю.В. Цапко

ДОДАТОК Е**Акт впровадження ПЛСК-200 у виробництво ТОВ «Хладар-Техсоюз»**



ТОВ «Хладар-Техсоюз»

69120 м. Запоріжжя, вул. Вороніна 9а кв 53
Код ЄДРПОУ 32463639, ІНН 324636308300
факс/тел. 0612187468 e-mail: hts_s@mail.ru

ЗАТВЕРДЖУЮ
Директор ТОВ «Хладар-Техсоюз»
Сізов С.О.
«__» вересня 2012



АКТ
впровадження у виробництво ТОВ «Хладар-Техсоюз» результатів
дисертаційної роботи ад'юнкта ЛДУБЖД
капітана служби цивільного захисту
Грушовінчука Олександра Володимировича


Комісія у складі голови комісії – головного інженера Курілова В.М. та членів комісії: начальника техвідділу Пилипенко Ю.М., технічного директора ТОВ «Незалежна лабораторія пожежної безпеки» к.т.н, с.н.с. Цапко Ю.В. склала цей акт про використання матеріалів дисертаційної роботи ад'юнкта ЛДУБЖД капітана служби цивільного захисту Грушовінчука Олександра Володимировича та стверджує, що розроблена конструкція пінного лафетного ствола комбінованого (ПЛСК - 200) внесена в перелік продукції, що виробляється підприємством.

Для впровадження у виробництво розглянули наступні матеріали дисертаційного дослідження:

1. Ескізи ствола ПЛСК – 200 для одночасної подачі піни середньої та низької кратності.
2. Проект технічних умов на ствол ПЛСК – 200.
3. Протокол кваліфікаційних випробувань ствола ПЛСК – 200.

Цей акт не може бути підставою для отримання премій та інших винагород.

Голова комісії



В.М.Курілов

Члени комісії:



Ю.М. Пилипенко



Ю.В. Цапко

ДОДАТОК Ж
Патент на винахід

УКРАЇНА

UKRAINE



ПАТЕНТ

НА ВІНАХІД

№ 89274

**СТВОЛ КОМБІНОВАНОЇ ПОДАЧІ ПІНИ НИЗЬКОЇ ТА
СЕРЕДНЬОЇ КРАТНОСТІ ДЛЯ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ**

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на винаходи
11.01.2010.

Голова Державного департаменту
інтелектуальної власності

М.В. Паладій



6x 01.02.10

СТВОЛ КОМБІНОВАНОЇ ПОДАЧІ ПІНИ НИЗЬКОЇ ТА СЕРЕДНЬОЇ КРАТНОСТІ ДЛЯ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ

Винахід відноситься до галузі пожежної техніки і застосовується для утворення повітряно-механічної піни середньої кратності та підвищеної дальності подачі для гасіння пожеж легкозаймистих і горючих речовин, твердих горючих матеріалів класу А і В.

Відомі установки пожежогасіння: ПЛСК-700 (Установка для гасіння цистерн з горючими та легкозаймистими рідинами. /Луц В.І., Ковалишин В.В.// Деклараційний патент на корисну модель № 10083 від 15.11.05 р. Бюлетень №11), „ПУРГА 10.10.20" (Росія ЗАО „НПО СОПОТ"), що складається з корпусу з прийомним патрубком зі з'єднувальною муфтовою головкою, поворотної основи з розгалуженням та патрубком зі з'єднувальною муфтовою головкою, двох насадків, станини, до якої кріпиться корпус з прийомним патрубком, півосей з двома колесами.

Однак відомі установки пожежогасіння: ПЛСК-700, „Пурга 10.10.20" мають іншу форму насадки, форму та розміщення ствола для отримання несучого струменя, що збільшує витрату піноутворювача та води, знижує дальність струменя.

В основу винаходу поставлено завдання створити установку пожежогасіння, в якій нове конструктивне виконання форми

ствола для отримання комбінованого струменя піни середньої кратності, дозволило б зменшити витрату піноутворювача та води, а основне збільшити дальність струменя піни зі збереженням його середньої кратності, що б забезпечувало безпеку працюючих та високу ефективність гасіння пожеж, ліквідації наслідків аварій.

Поставлене завдання вирішується тим, що установка пожежогасіння виготовлена по схемі ствола «труба в трубі», що складається з корпусу типу (генератора піни середньої кратності ГПС) з прийомним патрубком зі з'єднувальною муфтовою головкою, кожуха типу (ствола повітряно-пінного СПП), в кожусі на виході по периметру встановлено заспокоювачі.

Встановлення в кожусі заспокоювачів, дозволяє перетворити рух піни низької кратності з турбулентного в ламінарний, що дає змогу збільшити дальність комбінованого струменя піни середньої кратності за короткий період часу.

На фіг. 1 - подано загальний вигляд установки пожежогасіння, де 1-корпус (генератор піни середньої кратності ГПС); 2 - кожух типу (ствола повітряно-пінного СПП); 3 - два сопла; 4 - заспокоювачі; 5 - трійник; 6 - з'єднувальна муфтова головка; 7- ручки для утримання ствола.

Установка пожежогасіння складається з корпусу 1 типу ствола ГПС з кожуха 2 зі заспокоювачами 4 двох стволів СПП 3 трійника 5 зі з'єднувальною муфтовою головкою 6 для приєднання рукавної лінії. А також установка містить на верхній частині кожуха 2 ручки 7 для утримання ствола під час його застосування.

Робота даної установки полягає в одночасній подачі піни низької та середньої кратності. Внаслідок такого поєднання забезпечується транспортування струменя піни середньої кратності струменем піни низької кратності, який виходить зі

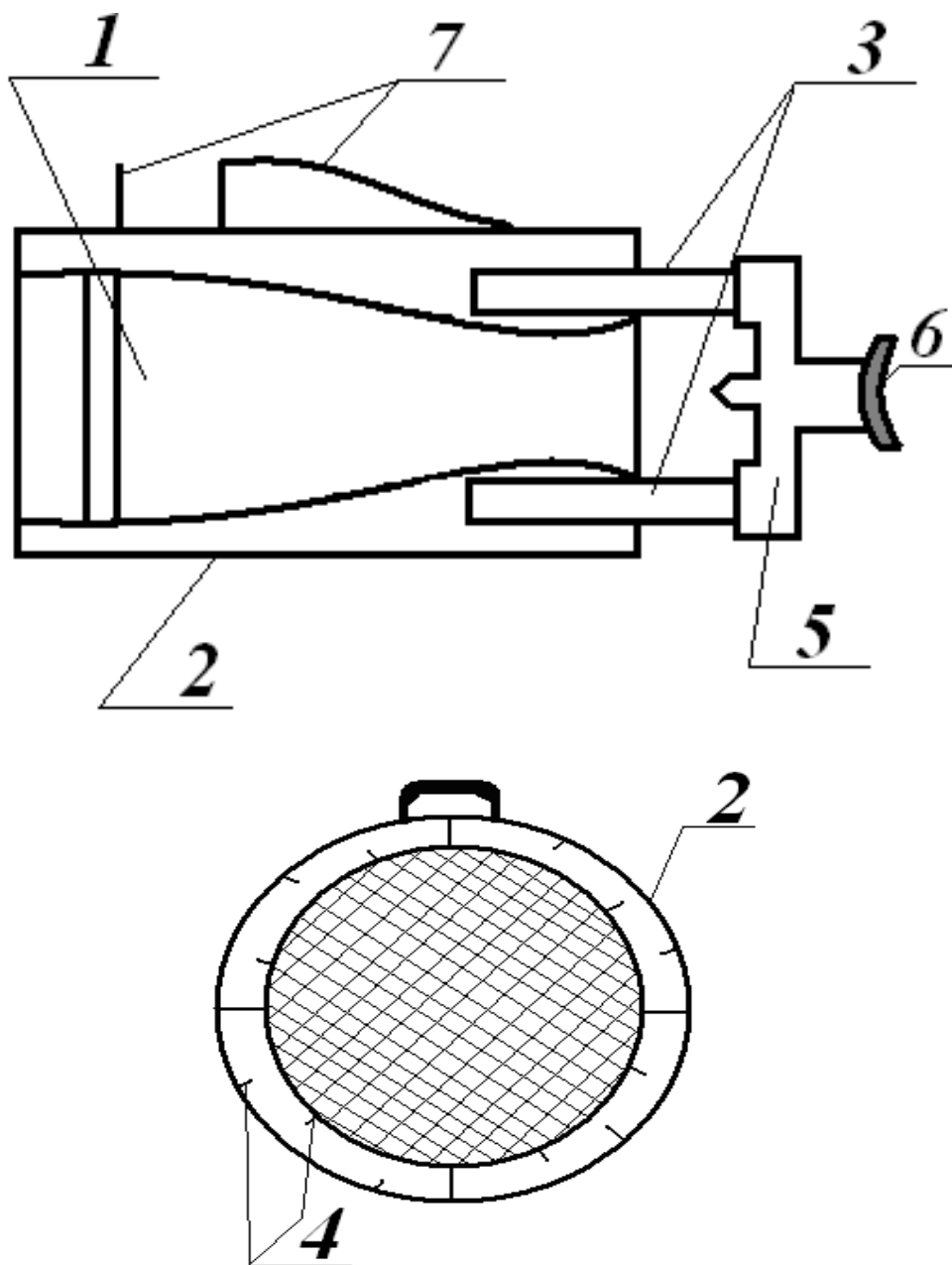
ствола по зовнішньому периметру струменя піни середньої кратності, на більші відстані без значної фрагментації комбінованого пінного струменя під час польоту з моменту одночасного виходу двох пін зі ствола до моменту їх сумісного падіння та збільшується швидкість розтікання піни по поверхні продуктів горіння. В результаті дії на зону горіння комбінованого струменя спочатку з полум'ям контактує піна низької кратності, яка має високу кінетичну енергію та підвищений вміст води, за рахунок чого випереджує піну середньої кратності і знижує температуру полум'я та нагрітих поверхонь. Далі частини піни середньої кратності попадають на охолоджені області зони горіння та покривають поверхню, перешкоджаючи виходу парів в зону горіння. В даному випадку швидкість гасіння значно збільшується, а витрата піни та води зменшується. Такий спосіб дозволяє забезпечувати гасіння пожеж піною середньої кратності у важкодоступних місцях і на віддалі більше 20...25 метрів.

Заявник Львівський державний університет безпеки
життєдіяльності

Ректор
Львівського державного
університету безпеки
життєдіяльності

М.М. Козяр

СТВОЛ КОМБІНОВАНОЇ ПОДАЧІ ПІНИ НИЗЬКОЇ ТА
СЕРЕДНЬОЇ КРАТНОСТІ ДЛЯ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ



Фіг.1.

Автори:

Ковалишин В.В.

Луц В.І.

Грушовінчук О.В.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Установка пожежогасіння складається з корпусу 1 типу ствола ГПС з кожуха 2 зі заспокоювачами 4 двох сопел, зтрійника 5 зі з'єднувальною муфтовою головкою 6 для приєднання рукавної лінії. А також установка містить на верхній частині кожуха 2 ручки 7 для утримання ствола під час його застосування.

Винахідники:

Ковалишин В.В.

Луц В.І.

Грушовінчук О.В.

Заявник:

Львівській державний університет безпеки життєдіяльності МНС України

Ректор

М.М.Козяр

РЕФЕРАТ

СТВОЛ КОМБІНОВАНОЇ ПОДАЧІ ПІНИ НИЗЬКОЇ ТА СЕРЕДНЬОЇ КРАТНОСТІ ДЛЯ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ

Галузь застосування: Винахід відноситься до галузі пожежної техніки і застосовується для утворення повітряно-механічної піни середньої кратності та підвищеної дальності подачі для гасіння пожеж легкозаймистих і горючих речовин, твердих горючих матеріалів класу А і В.

Суть винаходу: Установа пожежогасіння, що складається з корпусу типу ствола ГПС з кожуха зі заспокоювачами, двох сопел, трійника зі з'єднувальною муфтовою головкою для приєднання рукавної лінії, а також установка містить на верхній частині кожуха дві ручки для утримання ствола під час його застосування.

Робота даної установки полягає в одночасній подачі піни низької та середньої кратності. Внаслідок такого поєднання забезпечується транспортування струменя піни середньої кратності струменем піни низької кратності, який виходить зі ствола по зовнішньому периметру струменя піни середньої кратності, на більшій віддалі без значної фрагментації комбінованого пінного струменя під час польоту з моменту одночасного виходу двох пін зі ствола до моменту їх сумісного падіння та збільшується швидкість розтікання піни по поверхні продуктів горіння. В результаті дії на зону горіння комбінованого струменя спочатку з полум'ям контактує піна низької кратності, яка має високу кінетичну енергію та підвищений вміст води, за

рахунок чого випереджує піну середньої кратності і знижує температуру полум'я та нагрітих поверхонь. Далі частини піни середньої кратності попадають на охоложені області зони горіння та покривають поверхню, перешкоджаючи виходу парів в зону горіння. В даному випадку швидкість гасіння значно збільшується, а витрата піни та води зменшується. Такий спосіб дозволяє забезпечувати гасіння пожеж піною середньої кратності у важкодоступних місцях і на віддалі більше 20...25 метрів.

Технічний результат: досягається збільшенням дальності пінного струменя, підвищенням кратності струменя піни, зменшенням часу гасіння та витратою піноутворювача з водою, а також забезпечення безпеки працюючих під час гасіння пожеж та ліквідації наслідків аварій фіг. 1.

ДОДАТОК 3

Технічні умови на виготовлення ПЛСК

ДКПП

УКНД
ЗАРЕЄСТРОВАНО

(назва органу)

державної реєстрації)

(реєстраційний №, дата реєстрації)

ПОГОДЖЕНО

(посада керівника, назва організації)

(особистий
підпис, печатка)(розшифрування
підпису)

(дата або номер погоджувального документа й дата)

ПРИЙНЯТО

(посада керівника, назва організації)

(особистий
підпис, печатка)(розшифрування
підпису)

(дата)

Генератори комбінованої піни ПЛСК-800 та ПЛСК-200

(назва продукції, процесу, послуги)

ТЕХНІЧНІ УМОВИ**ТУ У 29.2-XXXXXXX-XXX:2015**

(позначення технічних умов)

(Уперше чи На заміну _

Дата надання чинності

Чинний до-----

ПОГОДЖЕНО

(посада керівника, назва організації)

(особистий
підпис, печатка)(розшифрування
підпису)

(дата або номер погоджувального документа й дата)

РОЗРОБЛЕНО

(посада керівника, назва організації)

(особистий
підпис, печатка)(розшифрування
підпису)

(дата)

ПОГОДЖЕНО

(посада керівника, назва організації)

(особистий
підпис, печатка)(розшифрування
підпису)

(дата)

(посади та особисті підписи відповідальних осіб
та виконавців)

(дата або номер погоджувального документа й дата)

1. СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ

Дані технічні умови поширюються на пінні лафетні стволи комбіновані ПЛСК-800 та ПЛСК-200 (далі генератори), призначені для отримання повітряно-механічної піни середньої кратності з водного розчину піноутворювача, а також для перекриття потоку, що виготовляються для внутрішнього ринку та експорту .

Ці технічні умови придатні для цілей сертифікації.

Види кліматичного виконання - У, ХЛ і Т для категорії розміщення 1 по ГОСТ 15150.

Приклад умовного позначення генератора при замовленні в кліматичному виконанні У:

Генератор ПЛСК-800 У ТУ У 29.2-XXXXXXXX-XXX:201X

Генератор ПЛСК-200 У ТУ У 29.2-XXXXXXXX-XXX:201X

2. НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ

У даних технічних умовах використані посилання на такі нормативні документи:

1. ДСТУ 2296-93 «Система сертифікації УкрСЕПРО. Знак соответствия, форма, размеры, технические требования и правила применения».
2. ДСТУ 2834-94 (ГОСТ 16523-97) «Прокат тонколистовой из углеродистой стали качественной и обыкновенного качества общего назначения. Технические условия».
3. ДСТУ 2839-94 (ГОСТ 1583-93) «Сплавы алюминиевые литейные. Технические условия».
4. ДСТУ 3004-95 «Надежность техники. Методы оценки показателей надежности по экспериментальным данным».
5. ДСТУ 3413-96 «Система сертификации УкрСЕПРО. Порядок проведения сертификации продукции».

6. ДСТУ 4179-2003 «Рулетки измерительные металлические».

					Арк.
					3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	

ТУ У 29.2-XXXXXXXX-XXX:201X

Технические условия».

7. ДСТУ ГОСТ 2.601:2006 «Єдина система конструкторської документації. Експлуатаційні документи».

8. ГОСТ 9.032-74 «ЕСЗКС. Покрyтия лакокрасочные. Группы, технические требования и обозначения».

9. ГОСТ 9.104-79 «ЕСЗКС. Покрyтия лакокрасочные. Группы условий эксплуатации».

10. ГОСТ 9.301-86 «ЕСЗКС. Покрyтия металлические и неметаллические неорганические. Общие требования».

11. ГОСТ 9.302-88 «ЕСЗКС. Покрyтия металлические и неметаллические неорганические. Методы контроля».

12. ГОСТ 9.401-91 «ЕСКЗ Покрyтия лакокрасочные. Общие требования и методы ускоренных испытаний на стойкость к воздействию климатических факторов ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».

13. ГОСТ 12.2.003-91 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности».

14. ГОСТ 12.2.037-78 «ССБТ. Техника пожарная. Требования безопасности».

15. ГОСТ 27.410-87 «Надежность в технике. Методы контроля показателей надежности».

16. ДСТУ ГОСТ 166-2009 «Штангенциркулі. Технічні умови».

17. ДСТУ ГОСТ 427-2009 «Лінійки вимірyвальні металеві. Технічні умови».

18. ГОСТ 1033-79 «Смазка, солидол жировой. Технические условия».

19. ГОСТ 3826-82 «Сетки проволочные тканые с квадратными ячейками. Технические условия».

20. ГОСТ 4366-76 «Смазка, солидол синтетический. Технические условия».

21. ГОСТ 5378-88 «Уплотнительное кольцо. Технические условия».

					Арк.
ТУ У 29.2-XXXXXXX-XXX:201X					4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	

22. ГОСТ 5632-72 «Стали высоколегированные и сплавы коррозионно-стойкие, жаростойкие и жаропрочные. Марки».

23. ГОСТ 6357-81 «Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба трубная цилиндрическая».

24. ГОСТ 6465-76 «Эмали ПФ-115. Технические условия».

25. ГОСТ 6613-86 «Сетки проволочные тканые с квадратными ячейками. Технические условия».

26. ГОСТ 9142-90 «Ящики из гофрированного картона. Общие технические условия».

27. ГОСТ 10354-82 «Пленка полиэтиленовая. Технические условия»

28. ГОСТ 14192-96 «Маркировка грузов».

29. ГОСТ 15150-69 «Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды».

30. ГОСТ 15152-69 «ЕСЗКС. Изделия резиновые технические для районов с тропическим климатом. Общие требования».

31. ГОСТ 16337-77 «Полиэтилен высокого давления. Технические условия».

32. ГОСТ 18321-73 «Статистический контроль качества. Методы случайного отбора выборок штучной продукции».

33. ГОСТ 18925-73 «Пробки резьбовые с насадками с полным профилем для трубной цилиндрической резьбы диаметром от 1³/₄" до 3³/₄". Конструкция и основные размеры».

34. ГОСТ 18926-73 «Пробки резьбовые с насадками с укороченным профилем для трубной цилиндрической резьбы диаметром от 1³/₄" до 3³/₄". Конструкция и основные размеры».

35. ГОСТ 18929-73 «Кольца резьбовые с полным профилем для трубной цилиндрической резьбы диаметром от 1/16" до 3³/₄". Конструкция и основные размеры».

					ТУ У 29.2-XXXXXXX-XXX:201X	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

36. ГОСТ 18930-73 «Кольца резьбовые с укороченным профилем для трубной цилиндрической резьбы диаметром от 1/16" до 3³/₄". Конструкция и основные размеры».

37. ГОСТ 21150-87 «Смазка. Литол-24. Технические условия».

38. ГОСТ 24297-87 «Входной контроль продукции. Основные положения».

39. ГОСТ 26645-85 «Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку».

40. РД 50-204-87 «Методические указания. Надежность в технике. Сбор и обработка информации о надежности изделий в эксплуатации».

41. ДСН 3.3.6.042-99 «Государственные санитарные нормы микроклимата производственных помещений».

42. ТУ У 29.2-30711025-2001 «Головки соединительные для пожарного оборудования. Технические условия».

43. ДСН 2.2.2.7.29-99 «Организация мероприятий по охране окружающей среды».

44. ДСН 3.3.6.037-99 «Государственные санитарные нормы производственного шума, ультразвука, инфразвука».

45. ДСН 3.3.6.039-99 «Государственные санитарные нормы производственной и общей вибрации».

46. Наказ МОЗ України № 246 від 21.05.2007 «Положення про медичний огляд працівників окремих категорій».

47. СП № 1042-73 «Санитарные правила организации технологических процессов и гигиенические требования к производственному оборудованию».

					ТУ У 29.2-XXXXXXXX-XXX:201X	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		6

2. ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

3.1 Основні параметри і розміри.

3.1.1 Генератори повинні відповідати вимогам даних технічних умов (ТУ), комплекту конструкторської документації згідно специфікацій ПЛСК-800.00.00, ПЛСК-200.00.00.

3.1.2 Основні параметри та розміри генератора повинні відповідати зазначеним у таблиці 1 та на малюнках 1, 2.

Вид характеристики	Тип піногенератора	
	ПЛСК-800	ПЛСК - 200
Робочий тиск перед генераторами, МПа:		
– генератор піни середньої кратності	0,4-0,6	0,4-0,6
– генератори піни низької кратності	0,8-1,0	0,8-1,0
Габаритні розміри, мм:		
– довжина	945±5	764±5
– ширина	440±5	230±5
– висота	440±5	230±5
Маса генератора комбінованої піни (не більше), кг	12,00±0,25	8,50±0,25
Кількість працюючих з генератором	2	1
Геометричні параметри вічка сітки піногенератора:		
товщина дроту сітки піногенератора, мм	0,6	0,6
розмір вічка сітки піногенератора, мм	1,5×1,5	1,5×1,5
Витрата робочого розчину піноутворювача за робочих тисків перед генераторами, л/с, не менше	12,0	7,5
Продуктивність генератора комбінованої піни, м ³ /хв, не менше	40	20
Дальність подавання струменя комбінованої піни, м	22-24	14-15
Кратність згенерованої піни, не менше	60	45

3.2 Характеристики

3.2.1 Генератори по міцності і герметичності повинні витримувати гідравлічний тиск $0,9^{+0,1}$ МПа ($9^{+0,1}$ кгс/см²). При цьому не допускається поява слідів води у вигляді крапель на зовнішніх поверхнях опори і протікання в місцях з'єднань.

3.2.2 Сітка генераторів повинна бути міцно закріплена в корпусі і рк.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	1 3 3 29.2-AAAAAAAAA-AAA:201A	7
------	------	----------	--------	-----	-------------------------------	---

рівномірно натягнута.

Прогин натягнутої сітки від вантажу масою $2 \pm 0,1$ кг, розташованого на площі 40 см^2 в центрі сітки, а також після випробувань гідравлічним тиском перед розпилювачем $0,9-1,0$ МПа ($9-10 \text{ кгс/см}^2$) повинен бути не більше $1,5$ мм.

3.2.3 Корпуси генераторів не повинні мати вм'ятин та інших пошкоджень.

3.2.4 Зварні шви не повинні мати тріщин, непроварених місць, прогорілих місць та інших дефектів, що зменшують міцність.

3.2.5 Поверхні виливків не повинні мати тріщин та інших дефектів, що знижують міцність і герметичність генераторів і погіршують його зовнішній вигляд, а також раковин, довжина яких перевищує 2 мм і глибина - 25% від товщини стінки деталі.

3.2.6 Допуски розмірів виливків відповідно до 7-го класу точності ГОСТ 26645.

3.2.7 Трубні циліндричні різьби повинні виконуватися за ГОСТ 6357, клас В. Різьби повинні бути повного профілю, без вм'ятин, підрізів і зірваних ниток. Не допускаються окремі зриви, викришування і дроблення різьб загальною довжиною більше $0,1$ довжини нарізки, при цьому на одному витку - більше $0,2$ його довжини.

3.2.8 Зовнішні та внутрішні поверхні генераторів повинні бути покриті емаллю.

Касети сіток, внутрішні поверхні опор, з'єднувальні головки не фарбуються.

3.2.9 Підготовка поверхонь до нанесення лакофарбових покриттів повинна відповідати вимогам ГОСТ 9,401.

Зовнішній вигляд покриття відповідно до IV класу ГОСТ 9.032, група умов експлуатації VI - для виконання У, ХЛ1 - для виконання ХЛ і Т1 - для виконання Т згідно з ГОСТ 9.104.

3.2.10 Різьбові частини деталей перед складанням генераторів повинні

					рк.
ТУ У 29.2-XXXXXXX-XXX:201X					8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	

бути змащені однією з антифрикційних мастил, що випускаються по ГОСТ 1033, ГОСТ 4366, ГОСТ 21150.

3.2.12 Генератори повинні відповідати наступним показникам зовні:
середній термін служби до списання - не менше 8 років;
середнє напрацювання на відмову - не менше 50 годин.

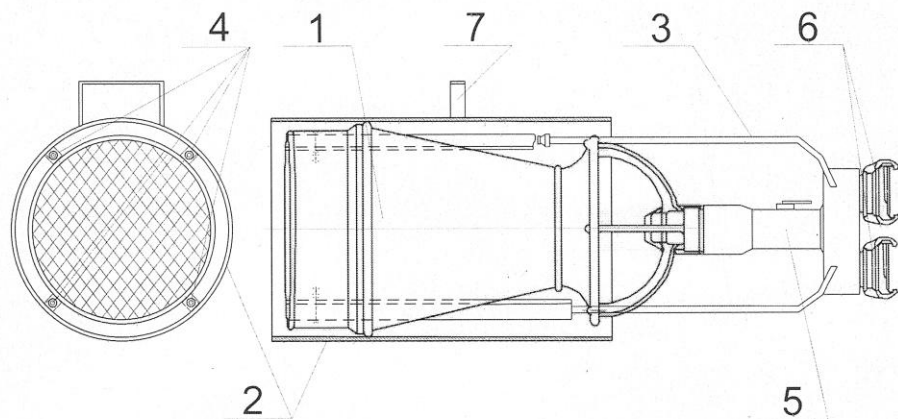


Рис. 1. Принципова схема генератора комбінованої піни типу ПЛСК

1-корпус генератор піни середньої кратності ГПС; 2 - кожух генератора комбінованої піни; 3 – генератори піни низької кратності; 4 - заспокоювачі; 5 - манометр; 6 - з'єднувальна муфтова головка; 7- ручка для утримання генератора, 8- отвори для повітря, 9-кран перекривання ГПС

3.3 Вимоги до сировини, матеріалами комплектуючих виробів:

3.3.1 Сировина, матеріали та комплектуючі вироби повинні проходити вхідний контроль.

3.3.2 Литі деталі повинні бути виготовлені з алюмінієвого сплаву АК7 або АК7ч відповідно до ДСТУ 2839 (ГОСТ 1583).

Допускається застосування інших матеріалів з механічними та антикорозійними властивостями не поступають зазначеним.

3.3.3 Для касет генераторів повинна застосовуватися сітка з номінальним розміром сторони вічка 1,5 мм ГОСТ 3826, виготовлена з високолегованого сталевих дроту діаметром 0,3 - 0,4 мм.

3.3.4 Кільця касет повинні бути виготовлені із сталі 12X18H10T ГОСТ

ТУ У 29.2-XXXXXXXX-XXX:201X

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат
------	------	----------	--------	-----

рк.
9

5632. Допускається застосування сталі інших марок з механічними та антикорозійними властивостями, не гіршими зазначеної сталі.

3.3.5 Гумові деталі генератора в кліматичних виконаннях У і ХЛ повинні бути виготовлені з гуми з діапазоном робочої температури від мінус 60 ° до 60 ° С, а в кліматичних виконаннях Т-з гуми групи П або Ш, задовольняє вимогам ГОСТ 15152.

3.3.6 Емаль по п. 1.2.8 марки ПФ - 115 ГОСТ 6465, колір-червоний. Допускається застосування лакофарбових матеріалів того ж кольору, по захисним властивостям негіршим зазначеної емалі.

3.4 Маркування.

3.4.1 На кожному генераторі повинна бути нанесено маркування, що містить такі дані:

товарний знак підприємства-виробника;

знак відповідності (для сертифікованого виробу); умовне позначення генератора (без слова генератор); позначення справжніх ТУ, рік виготовлення, назва країни-виробника;

максимальний тиск перед розпилувачем (МПа).

3.4.2 Маркування повинно бути виконано згідно конструкторської документації.

3.4.3 Транспортне маркування виробів, що поставляються на внутрішній ринок повинне відповідати вимогам ГОСТ 14192, а для експорту – вимогам контракту або договору. На незапакований в транспортну тару вантаж наноситься на фанерні або металеві ярлики, міцно прикріплені до вантажу.

3.4.4 Генератори, що пройшли сертифікаційні випробування, повинні мати маркування знаком відповідності з ДСТУ 2296. Місце та спосіб нанесення знака відповідності повинні бути зазначені в кресленнях на конкретний тип виробу.

					ТУ У 29.2-XXXXXXXX-XXX:201X	рк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		
						10

3.5 Пакування.

3.5.1 Генератори, що постачаються на внутрішній ринок, повинні бути запаковані у ящики за ГОСТ 9142 або тару іншого типу, що забезпечують цілісність виробів при їх зберіганні і транспортуванні. Тип ящика і його розмір, згідно з кресленнями на тару.

Допускається, за узгодженням із споживачем, відправка генераторів без ящиків при транспортуванні їх в універсальних контейнерах і кузовах автомобільним транспортом з запобіганням виробів від пошкоджень.

3.5.2 Вимоги до упаковки генераторів, що поставляються на експорт, повинні обумовлюватися контрактом або договором.

3.5.3 Паспорт, що додається до генератора, повинен бути вкладений в пакет з поліетилену по ГОСТ 16337 товщиною не менше 0,05 мм або з поліетиленової плівки за ГОСТ 10354. Пакет повинен бути запечатаний і вкладений в ящик.

3.5.4 Генератори, призначені для експорту, повинні супроводжуватися товарносупровідною документацією відповідно до умов контракту між підприємством і зовнішньоторговельної організацією.

3.6 Комплектність

3.6.1 У комплект поставки входять:

- паспорт, об'єднаний з інструкцією по експлуатації відповідно до ДСТУ ГОСТ 2.601 – 1 шт.;
- генератор - 1 шт.,
- упаковка - 1 шт.

4 ВИМОГИ БЕЗПЕКИ

4.1 При виготовленні та випробуванні генераторів повинно забезпечуватися дотримання вимог ГОСТ 12.1.005, ГОСТ 12.2.003, ГОСТ 12.2.037, санітарних норм ДСН 3.3.6.037-99, ДСН 3.3.6.039-99, СП № 1042-73.

					ТУ У 29.2-XXXXXXXX-XXX:201X	рк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		
						11

4.2 Забороняється усувати нещільності в місцях з'єднання генератора з джерелом подачі робочої рідини під час роботи, а також застосовувати генератора поблизу відкритих ліній електропередач, розташованих в радіусі дії суцільного струменя.

4.3 Не рекомендується залишати генератор без нагляду під час роботи.

5 ВИМОГИ ОХОРОНИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

5.1 Організація заходів з охорони навколишнього природного середовища повинна проводитися відповідно до вимог санітарних норм і Правил: ДСН 3.3.6.037-99, ДСН 3.3.6.039-99, СП № 1042-73.

У процесі виробництва повинен бути організований контроль за вмістом шкідливих речовин в повітрі з метою запобігання потрапляння їх в атмосферу і водойми.

5.2 Працівники, що зайняті на виробництві генераторів, повинні бути забезпеченими засобами індивідуального захисту згідно з чинним законодавством і проходити попередні і періодичні медичні огляди відповідно до наказу від 21.05.2007 № 246 МОЗ України.

6 ПРАВИЛА ПРИЙМАННЯ

6.1 Приймання генераторів виробляє ВТК заводу-виробника у відповідно до вимог цих ТУ і комплекту конструкторської документації згідно специфікацій ПЛСК-800.00.00, ПЛСК-200.00.00.

6.2 Для контролю відповідності генераторів вимогам цих ТУ проводять такі види випробувань: вхідний контроль, приймально-здавальні випробування, періодичні випробування на надійність, сертифікаційні випробування.

6.3 Генератори приймаються партіями. Партією вважають кількість генераторів, виготовлених в одну зміну, або пред'явлених до приймання за одним документом.

					ТУ У 29.2-XXXXXXXX-XXX:201X	РК.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		
					12	

6.4 Вхідний контроль матеріалів, купівельних комплектуючих виробів проводиться у відповідності з вимогами ГОСТ 24297 за переліками продукції, що підлягає вхідному контролю, затвердженим у встановленому порядку та чинному на заводі-виробнику.

6.5 Відбір зразків генераторів для проведення приймально-здавальних, періодичних випробувань, випробувань на надійність здійснюється за ГОСТ 18321, а для проведення сертифікаційних – по ДСТУ 3413.

6.6 Приймально-здавальні випробування

6.6.1 Приймально-здавальним випробуванням повинен підлягати кожний генератор пред'явленої партії, в остаточно зібраному вигляді, укомплектований і відрегульований відповідно до вимог цих ТУ та конструкторської документації.

6.6.2 Результати випробувань оформлюються протоколом приймально-здавальних випробувань і відображаються в паспорті в розділі «Свідоцтво про приймання».

При незадовільних результатах випробувань хоча б по одному показнику ОТК повертає виріб на усунення невідповідності.

Повторно випробування проводять по тому показнику, за яким був отриманий незадовільний результат.

Вироби, що не витримали повторні випробування, бракують.

6.7 Періодичні випробування.

6.7.1 Періодичні випробування проводять один раз на два роки на відповідність вимогам цих ТУ комісією, що утворюється наказом по підприємству. Випробуванням піддають по три генератора незалежно від кліматичного виконання з партій, що витримали приймально-здавальні випробування.

6.7.2 При невідповідності виробу хоча б одній з вимог, проводять випробування подвоєної кількості виробів.

Якщо при повторних випробуваннях знову буде виявлено невідповідність генераторов вимогам цих ТУ, вся партія повинна бути

ТУ У 29.2-XXXXXXX-XXX:201X

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	рк.	13
------	------	----------	--------	-----	-----	----

піддана суцільному контролю.

Результати повторних випробувань є остаточними. Вироби, що не витримали повторні випробування, бракують.

6.8 Випробування на надійність.

6.8.1 Випробування на надійність проводять один раз в чотири роки по ДСТУ 3004 і ГОСТ 27.410. Випробуванням піддають по два генератори незалежно від кліматичного виконання, відібраних методом випадкового відбору з числа генераторів, що пройшли приймально-здавальні випробування.

Кількість генераторів, випробовуваних при перевірці середнього терміну служби до списання - 10 шт. (Незалежно від кліматичного виконання і типорозміру).

Приймальне число граничних станів - 0.

Результати випробувань на надійність додаються до результатів сертифікаційних випробувань.

6.9 Сертифікаційні випробування.

6.9.1 Сертифікаційні випробування проводять заводом-виробником у порядку, встановленому вимогами ДСТУ 3413 та таблиці 2, але не рідше одного разу на три роки. Випробуванням повинні підлягати не менше трьох генераторів з числа пройшли приймально-здавальні випробування.

Результати сертифікаційних випробувань оформлюють протоколом сертифікаційних випробувань.

6.10 Показники, по яким перевіряють якість генераторів (в залежності від виду їх випробувань), приведені в таблиці 2 і позначені (+).

					ТУ У 29.2-XXXXXXXX-XXX:201X	<small>ДК.</small>
<small>Змн.</small>	<small>Арк.</small>	<small>№ докум.</small>	<small>Підпис</small>	<small>Дат</small>		14

Таблиця 2 – Перелік показників для визначення якості генераторів

№ п/п	Показник	Вид випробування				Вимоги у відповідності з ТУ	Метод контролю у відповідності з ТУ
		Примально- здавальні	Періодичні	Випробуванн я на	Сертифікацій		
1	Вхідний контроль	+	+	-	+	3.3.1-3.3.6	7.1
2	Зовнішній вигляд	+	+	-	+	3.1.1, 3.2.3- 3.2.5, 3.2.7- 3.2.11, 3.4.1, 3.4.2, 3.5.1- 3.5.4, 3.6.1	7.2
3	Розміри	+	+	-	+	3.1.2, 3.2.5, 3.2.6	7.3
4	Маса	+	+	-	+	3.1.2	7.4
5	Різьба	+	+	-	+	3.2.7	7.5
6	Робочий тиск	+	+	-	+	3.1.2	7.7
7	Міцність та геометричність	+	+	-	+	3.2.1	7.7
8	Витрата розчину піноутворювача	-	+	-	+	3.1.2	7.7
9	Тиск перед розпилювачем	-	+	-	+	3.1.2	7.7
10	Дальність подавання піни	-	+	-	+	3.1.2	7.7
11	Якість покриття	+	+	-	+	3.2.11	7.6
12	Кратність піни	-	+	-	+	3.1.2	7.7
13	Випробування на прогин	-	+	-	+	3.2.2	7.7
14	Випробування на надійність	-	-	+	-	3.2.12	7.8

					ТУ У 29.2-XXXXXXXX-XXX:201X	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		
						15

7. МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

7.1 Вхідний контроль матеріалів і покупних виробів на відповідність вимогам пп. 3.3.1 - 3.3.6 проводяться за ГОСТ 24297.

7.2 Перевірка генераторів на відповідність вимогам пп. 3.1.1, 3.2.3 - 3.2.5, 3.2.7 - 3.2.11, 3.4.1, 3.4.2, 3.5.1 - 3.5.4, 3.6.1 проводиться візуально.

7.3 Розміри по пп. 3.1.2, 3.2.5, 3.2.6 перевіряються лінійкою ДСТУ ГОСТ 427 з ціною поділки 1 мм і штангенциркулем ГОСТ ДСТУ 166 з ціною поділки $\pm 0,1$ мм.

7.4 Масу генераторів по п. 3.1.2 перевіряють на вагах ГОСТ 29329 з межею зважування 10 кг, з точністю зважування $\pm 0,01$ кг.

7.5 Трубні циліндричні різьби по п. 3.2.7 перевіряють різьбовими пробками ГОСТ 18925, ГОСТ 18926 і різьбовими кільцями ГОСТ 18929, ГОСТ 18930.

7.6 Якість покриття по п. 3.2.11 перевіряють за ГОСТ 9.302 (контроль товщини і зовнішнього вигляду покриття).

7.7 Робочий тиск по п.3.1.2, витрата розчину піноутворювача, тиск перед розпилювачем, дальність подачі піни, кратність піни перевіряють на випробувальному стенді Г-2КС.

Клас точності манометрів, використовуваних при випробуваннях, повинен бути не нижче 1,6.

Міцність і герметичність генераторів по п. 3.2.1 перевіряють, витримуючи їх під тиском не менше 120с.

Величину прогину натягнутих сіток по п. 3.2.2 перевіряють штангенциркулем за ГОСТ 166 з ціною поділки 0,1 мм, витримуючи їх під вантажем не менше 120с.

Витрата розчину піноутворювача визначають як витрату води, що проходить через генератор при тиску 0,8-1,0 МПа (8-10 кгс/см²).

Величину витрати визначають витратоміром з похибкою вимірювань не більше 2%.

Кратність піни визначають за допомогою мірного бака в зоні

ТУ У 29.2-XXXXXXX-XXX:201X

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ДК.	16
------	------	----------	--------	-----	-----	----

максимального її випадання з генератора ваговим методом за формулою (1):

$$K = \frac{Q_2 - Q_1}{W},$$

де: W – об'єм мірного бака ($W = 1 \pm 0,2 \text{ м}^3$);

Q_1 – маса порожнього бака, кг;

Q_2 – маса бака, заповненого піною, кг.

Дальність подачі піни перевіряють рулеткою ДСТУ 4179 з ціною поділки 10 мм при установці генератора під кутом 30° до горизонту, заміряють за допомогою кутоміра з ціною поділки 1° .

7.8 Перевірку середнього терміну служби до списання за п. 3.2.12 проводять методом обробки даних, отриманих в умовах експлуатації, шляхом щорічного збору інформації відповідно до РД 50-204-87.

Граничним станом слід вважати такий технічний стан генератора, при якому відновлення його працездатності неможливе чи недоцільне.

Перевірку середнього напрацювання на відмову за п. 3.2.12 слід проводити на стенді.

Випробування проводять на воді при тиску 0,8-1,0 МПа ($8-10 \text{ кгс/см}^2$).

Відмовою слід вважати порив сітки. Контроль проводять через кожні три години напрацювання.

7.9 Перелік приладів і стендів, необхідних для контролю і випробувань, наведений у додатку А.

8 ТРАНСПОРТУВАННЯ І ЗБЕРІГАННЯ

8.1 Транспортування генераторів допускається транспортом будь-якого виду відповідно до правил, що діють на транспорті даного виду.

8.2 Умови зберігання генераторів у виконанні У і ХЛ - по групі 2, у виконанні Т - по групі 3; умови транспортування - за групами 4, 6, 7, 9 ГОСТ 15150.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

ТУ У 29.2-XXXXXXX-XXX:201X

Арк.

17

9 ПРАВИЛА ЕКСПЛУАТАЦІЇ

9.1. Експлуатація генераторів споживачем має проводитись у відповідно до паспорту.

10 ГАРАНТІЇ ВИРОБНИКА

10.1 Виробник гарантує відповідність генераторів вимогам даних технічних умов при дотриманні споживачем умов експлуатації, транспортування і зберігання, викладених в експлуатаційній документації.

10.2 Гарантійний термін експлуатації – 24 місяці з дня введення генератора в експлуатацію.

					ТУ У 29.2-XXXXXXXX-XXX:201X	ДК.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		
						18

Додаток А

ПЕРЕЛІК

приладів та стендів, необхідних для контролю та випробувань

1. Лінійка 500 ДСТУ ГОСТ 427.
2. Штангенциркуль ШЦ-1-125-0.1 ДСТУ ГОСТ 166.
3. Рулетка з ціною поділки 10 мм ДСТУ 4179.
4. Ваги загального призначення з межею зважування 10 кг ГОСТ 29329.
5. Пробки різьбові згідно з ГОСТ 18925, ГОСТ 18926.
6. Кільця різьбові згідно з ГОСТ 18929, ГОСТ 18930.
7. Спеціальний стенд, виготовлений по кресленню Г-2КС для випробувань на міцність і герметичність місць з'єднань.
8. Кутомір з ціною поділки 1° ГОСТ 5378.

					ТУ У 29.2-XXXXXXXX-XXX:201X	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		19

ДОДАТОК К

Протокол ТОВ «Незалежна лабораторія пожежної безпеки» № 1Д/НЛПБ-2012 експериментальних досліджень впливу розміру сітки піногенератора на кратність піни середньої кратності, що генерується з розчину піноутворювача загального призначення

ВИПРОБУВАЛЬНА ЛАБОРАТОРІЯ
ТОВ "Незалежна лабораторія
пожежної безпеки"
Атестат акредитації № 2Н 688 від 21.02.2010 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ
Директор ТОВ "Незалежна лабораторія
пожежної безпеки"



В.В.Кавецький

"18" серпня 2012 р.

ПРОТОКОЛ № 1Д/НЛПБ-2012
експериментальних досліджень впливу розміру сітки піногенера-
тора на кратність піни середньої кратності, що генерується з розчину
піноутворювача загального призначення .

Київ – 2012

Протокол №1Д/НЛПБ-2012 від 18 серпня 2012 р.
Всього аркушів 6 Примірник №2
Підпис _____

2

Випробувальна лабораторія: ВЛ ТОВ “Незалежна лабораторія пожежної безпеки”.

Адреса: 04074, м. Київ, вул. Автозаводська, б. 17, оф. 47, тел.: (044)289-23-79.

Місце проведення випробувань: м. Чернігів, вул. Белова, 13.

Мета випробувань:

Метою випробувань було виявлення впливу геометричних параметрів сітки на товщину півки та кратність згенерованої піногенераторами ежекційного типу піни з робочих розчинів піноутворювачів загального призначення

Дата проведення випробувань: 12.08.2012 – 17.08.2012.

На випробування ад'юнктом ЛДУБЖД Грушівінчуком О.В. надано:

1. Експериментальний піногенератор середньої кратності з набором сіток з розмірами квадратних вічок 0,6 мм, 0,8 мм, 1,0мм, 1,5мм, 2,0 мм та діаметром дроту 0,6 мм, а також 4 сітки з розміром вічка 2,0 та товщинами дроту 0,3 мм, 0,4 мм, 0,6 мм, 0,7 мм відповідно. Піногенератор забезпечує витрату розчину піноутворювача 0,07 л/с за тиску (0,4-0,6) МПа при використанні розпилювача за ДСТУ 3789-98.

Тиск підбирався експериментально. При використанні розпилювача від вогнегасника водопінного ВВП-9, піногенератор забезпечував витрату робочого розчину піноутворювача 0,14 л/с за тих же умов.

2. 20 літрів піноутворювача загального призначення для гасіння пожеж “Альпен” за ТУ У 24.6-32740136-001:2006 виробництва ТОВ “Альхім” (Україна).

Випробувальне обладнання та засоби вимірювальної техніки:

Відомості про випробувальне обладнання (ВЛ) та засоби вимірювальної техніки (ЗВТ) наведено в таблиці 2.

Таблиця 2. Випробувальне обладнання та засоби вимірювальної техніки

№ з/п	Найменування ВЛ або ЗВТ	Заводський номер	Діапазон вимірювання	Клас точності або похибка	Дата наступної атестації (повірки)
1	2	3	4	5	6
1	Секундомір СОСпр-26-2-010	0263	від 0,2 с до 60 с від 60 с до 3600 с	$\pm (0,4 \times \tau_{\text{вим}} / 60) \text{ с};$ $\pm (0,4 + 1,5 \times (\tau_{\text{вим}} - 60) / 3540)$	06.2013
2	Термометр ТЛ-6	б/н	від 0 до 60 °С	$\pm 0,5 \text{ °С}$	06.2013
3	Термометр ТЛ-2	62	від -30 °С до 70 °С	$\pm 0,1 \text{ °С}$	06.2013
4	Ваги електронні ACS-30С	9753	від 0 до 15 кг від 15 кг до 30 кг	$\pm 0,005 \text{ кг}$ $\pm 0,010 \text{ кг}$	06.2013
5	Віскозиметр ВПЖ-1	1004	—	—	02.2013
6	Анемометр чашковий АРИ-54	б/н	від 1 м/с до 3 м/с	$\pm 0,1 \text{ м/с}$	06.2013
7	Психрометр МВ-4М	14635	від -10 °С до +50 °С; від 10 % до 100 %	$\pm 0,2 \text{ °С};$ $\pm 4 \%$	06.2013
8	Барометр-анероїд М67	909	від 600 мм рт. ст. до 800 мм рт. ст.	$\pm 1 \text{ мм рт. ст.}$	
9	Установка для визначення кратності і стійкості піни середньої кратності	б/н	від 1 до 200	$\pm 15 \%$	11.2012

Протокол №1 Д/Н/ЛПБ-2012 від 18 серпня 2012 р.
Всього аркушів 6 Примірник №2
Підпис _____

Методи проведення випробувань:

1. Експериментальний зразок піногенератора укомплектований сіткою певного розміру під'єднувався до випробувальної установки, схему якої наведено на рис. 1

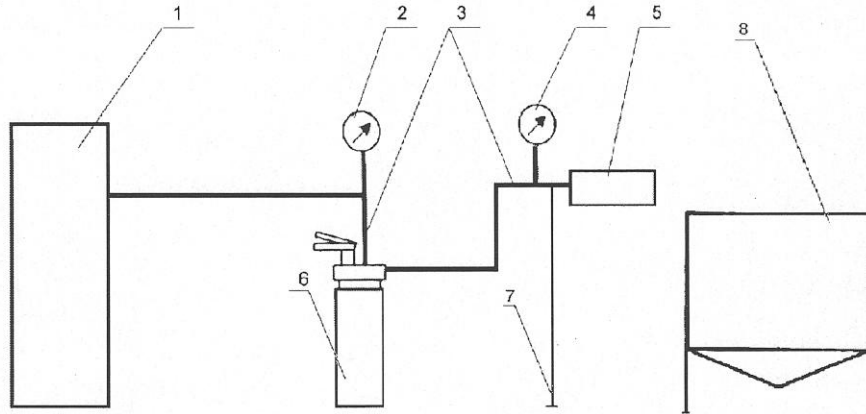


Рисунок 1. Схема установки для визначення кратності і стійкості піни середньої кратності, а також тривалості гасіння і вогнегасної здатності під час гасіння піною середньої кратності.

1-балон зі стисненим повітрям з редуктором або компресор для створення тиску у корпусі випробувального приладу типу вогнегасника; 2,4 - манометри згідно з ГОСТ 2405 з границею вимірювання не менше ніж 1,0 МПа (10 кгс/см²) і ціною поділки не більше ніж 0,02 МПа (0,2 кгс/см²), 3 - з'єднувальні шланги з внутрішнім діаметром не менше ніж 10 мм; 5 - ствол-генератор піни середньої кратності з розпилювачем, який забезпечує витрату робочого розчину піноутворювача 0,07 л/с у разі створення тиску у корпусі випробувального приладу типу вогнегасника від 0,55 МПа до 0,60 МПа; 6 - випробувальний прилад типу вогнегасника місткістю корпусу не менше ніж 10 дм³; 7 - штатив для фіксації піногенератора; 8 - мірний бак для збору піни.

2. Заповнили корпус установки робочим розчином піноутворювача заданої концентрації.

3. Визначення кратності піни середньої кратності, що утворюється з водного розчину, проводили згідно з п.6.5 ДСТУ 3789-98.

Для визначення кратності піни середньої кратності робочий розчин піноутворювача подавали під тиском на генератор піни середньої кратності, а піну, яка утворювалася – у пінозбирач місткістю 200 дм³. Пінозбирач разом з підставкою для його встановлення зважували спочатку в порожньому стані, а потім після заповнення піною. За різницею мас визначали масу робочого розчину піноутворювача, який витрачено на утворення піни і розраховують кратність піни за формулою

$$K = \frac{V_n \cdot \rho_p}{m_1 - m_2}, \quad (3)$$

де V_n – об'єм піни, що відповідає внутрішньому об'єму пінозбирача, дм³;
 ρ_p – густина робочого розчину, яку приймають такою, що дорівнює 1,000 кг/дм³;
 m_1 – сумарна маса рами, циліндра і пінозбирача з піною, кг;

Протокол №1 Д/НЛПБ-2012 від 18 серпня 2012 р.
 Всього аркушів 6 Примірник №2
 Підпис _____

4

m_2 – сумарна маса рами, циліндра і порожнього пінозбирача, кг.

За результат випробування приймали середнє арифметичне результатів трьох паралельних дослідів, допустима розбіжність між якими не повинна перевищувати 10 % від середнього арифметичного значення.

4. Проводяться випробування з сіткою що має інші розміри за п. 1-4.

5. Проводяться випробування за пп 1-5 за витрати 0,14л/с.

Хід та результати дослідних випробувань.

В дослідях застосовувалися сітки, що мають різні розміри вічка та діаметри дроту.

Результати експериментальних досліджень наведено у таблицях 2-4.

Таблиця 2. Результати випробувань за витрати робочого розчину піноутворювача 0,14 л/с.

Розмір квадратного вічка сітки, мм	Товщина дроту сітки, мм	№ досліді	Об'єм піни, л	Об'єм 6% розчину піноутворювача, л	Кратність піни	Усереднене значення кратності
2,0	0,3	1	200,8	6,3	32,2	34,1
		2		5,7	35,2	
		3		5,8	35,0	
	0,4	1	200,8	3,7	54,1	55,8
		2		3,5	58,1	
		3		3,6	55,1	
	0,6	1	200,8	3,1	64,3	65,4
		2		3,1	65,0	
		3		3,0	66,8	
	0,7	1	200,8	3,2	63,2	63,7
		2		3,2	62,0	
		3		3,1	65,9	

Експериментальні дослідження показали, що при однаковому розмірі квадратного вічка сітки піногенератора максимальна кратність піни досягається при товщині дроту 0,6мм. При товщині 0,7мм кратність зменшується.

Таблиця 2. Результати випробувань за витрати робочого розчину піноутворювача 0,07 л/с.

Розмір квадратного вічка сітки, мм	Товщина дроту сітки, мм	№ досліді	Об'єм піни, л	Об'єм 6% розчину піноутворювача, л	Кратність піни	Усереднене значення кратності
0,6		1	200,8	2,5	82,0	81,6
		2		2,4	83,7	
		3		2,5	79,2	

Протокол №1Д/НЛПБ-2012 від 18 серпня 2012 р.
Всього аркушів 6 Примірник №2
Підпис _____

5

0,8	0,6	1	200,8	2,0	101,1	99,1
		2		2,1	96,1	
		3		2,0	100,0	
1,0		1	200,8	2,9	70,0	70,8
		2		2,9	72,2	
		3		2,9	70,1	
1,5		1	200,8	7,2	28,1	28,0
		2		6,7	30,0	
		3		7,8	25,9	
2,0	1	200,8	8,5	–	бак не запов- нився, орієн- товна карт- ність менше 20	
	2		8,5	–		
	3		8,5	–		

Експериментальні дослідження показали, що при однаковій товщині дроту сітки найвища кратність піни досягається при використанні сітки з розміром її квадратного вічка сітки 0,8мм. При використанні сітки з розміром вічка 2,0 піна середньої кратності не утворюється.

Таблиця 3. Результати випробувань за витрати робочого розчину піноутворювача 0,14 л/с

Розмір вічка сітки, мм	№ досліду	Об'єм піни, л	Об'єм 6% розчину піноутворювача, л	Кратність піни	Усереднене значення кратності
0,8	1	200,8	3,7	55,0	55,0
	2		3,7	53,7	
	3		3,6	56,2	
0,85	1	200,8	3,9	56,5	57,1
	2		4,0	56,9	
	3		4,3	57,9	
1,0	1	200,8	3,0	66,3	67,0
	2		2,9	70,5	
	3		3,1	64,3	
1,5	1	200,8	2,5	81,3	83,8
	2		2,4	85,5	
	3		2,4	84,6	
2,0	1	200,8	3,7	54,0	54,8
	2		3,7	54,1	
	3		3,6	56,3	

Протокол №1 Д/НЛПБ-2012 від 18 серпня 2012 р.
Всього аркушів 6 Примірник №2
Підпис _____

6

Експериментальні дослідження показали, що при однаковій товщині дроту сітки найвища кратність піни досягається при використанні сітки з розміром її квадратного вічка сітки 1,5 мм. При використанні сітки з розміром вічка 2,0 кратність зменшується.

Висновки за результатами випробувань:

1. За витрати робочого розчину піноутворювача 0,14 л/с найвище значення кратності було досягнуто при використанні сітки з товщиною дроту 0,6 мм та розміром квадратного вічка сітки 1,5 мм.
2. За витрати робочого розчину піноутворювача 0,07л/с найвище значення кратності було досягнуто при використанні сітки з товщиною дроту 0,6 мм та розміром квадратного вічка сітки 0,8 мм.

ПРИМІТКИ:

- *копії протоколів чинні тільки після їх завірення у ТОВ "Незалежна лабораторія пожежної безпеки".*

Складено 2примірники протоколу.

Місцезнаходження протоколу:


- примірник №1 – ТОВ "НЛПБ";
- примірник №2 – Замовника;

Протокол склав:



Ад'юнкт

О.В.Грушовінчук



Протокол №1Д/НЛПБ-2012 від 18 серпня 2012 р.
Всього аркушів 6 Примірник №2
Підпис _____

ДОДАТОК Л

**Протокол ТОВ «Незалежна лабораторія пожежної безпеки» № 1Д/НЛПБ-2014
випробувань експериментальних зразків генераторів піни середньої та
низької кратності з гасіння модельних вогнищ пожежі класів А та В**

ВИПРОБУВАЛЬНА ЛАБОРАТОРІЯ
ТОВ "Незалежна лабораторія
пожежної безпеки"
Атестат акредитації № 2Н 688 від 05.06.2013 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ
Директор ТОВ "Незалежна лабораторія
пожежної безпеки"



В.В.Кавецький

" 11 " червня 2014 р.

ПРОТОКОЛ № 1Д/НЛПБ-2014
випробувань експериментальних зразків генераторів пінни
середньої та низької кратності з гасіння модельних
вогнищ пожежі класів А та В

Київ – 2014

Протокол №1Д/НЛПБ-2014 від 11 червня 2014 р.
Всього аркушів 12. Примірник № 1
Підпис _____

A large, stylized handwritten signature in black ink, positioned over the signature line of the text block above.

Випробувальна лабораторія: ВЛ ТОВ “Незалежна лабораторія пожежної безпеки”.

Адреса: 04074, м. Київ, вул. Автозаводська, б. 17, оф. 47, тел.: (044)289-23-79.

Місце проведення випробувань: м. Чернігів, вул. Белова, 13.

Об’єкт випробувань: Експериментальні зразки генераторів піни середньої кратності та генераторів піни низької кратності.

Мета випробувань:

Проведення дослідних випробувань з гасіння модельних вогнищ пожежі класів А та В піною середньої та низької кратностей, що генерується з водного розчину піноутворювача загального призначення за програмою наданою ад’юнктом ЛДУБЖД Грушовінчуком О.В.

Дата проведення випробувань: 26.05.2014 – 29.05.2014.

На випробування надано:

1. Два експериментальних зразки генераторів низької кратності.
2. Два експериментальні зразки генераторів середньої кратності.
3. 60 літрів піноутворювача загального призначення для гасіння пожеж “Альпен” ТУ У 24.6-32740136-001:2006 виробництва ТОВ “Альхім” (Україна).
4. Модельні вогнища пожежі 1А, 55 В за ДСТУ 3675-98 та бензин А-80.

Характеристики піногенераторів та їх застосовуваність при проведенні дослідів за наданою програмою наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. Комбінація піногенераторів при гасінні модельних вогнищ пожежі

№ з/п	Назва піногенератора	Комбінація піногенераторів в досліді при гасінні модельних вогнищ пожежі класів А (В)					
		Модельне вогнище пожежі 1А			Модельне вогнище пожежі 55В		
1	2	№1	№2	№3	№4	№5	№6
1	Піногенератор піни середньої кратності з витратою розчину піноутворювача (0,066±0,003) л/с	+	-	-	-	+	-
2	Піногенератор піни середньої кратності з витратою розчину піноутворювача (0,066±0,003) л/с	+	-	+	-	+	+
3	Піногенератор піни низької кратності з витратою піноутворювача (0,066±0,003) л/с	-	+	+	+	-	+
4	Піногенератор піни низької кратності з витратою піноутворювача (0,066±0,003) л/с	-	+	-	+	-	-

Таблиця 2. Випробувальне обладнання та засоби вимірювальної техніки

№ з/п	Найменування ВЛ або ЗВТ	Заводський номер	Діапазон вимірювання	Клас точності або похибка	Дата наступної атестації (повірки)
1	2	3	4	5	6
1	Секундомір СОСпр-26-2-010	0263	від 0,2 с до 60 с від 60 с до 3600 с	$\pm (0,4 \times \tau_{\text{вим}} / 60) \text{ с}$ $\pm (0,4 + 1,5 \times (\tau_{\text{вим}} - 60) / 3540)$	Свідоцтво про калібрування UA 02 04 №35311 від 07.06.2014
2	Термометр ТЛ-6	б/н	від 0 до 60 °С	$\pm 0,5 \text{ °С}$	Свідоцтво про калібрування UA 02 02 №376 від 14.06.2014
3	Термометр ТЛ-2	62	від -30 °С до 70 °С	$\pm 0,1 \text{ °С}$	Свідоцтво про калібрування UA 02 02 №374 від 14.06.2014
4	Циліндр мірний	б/н	від 20 см ³ до 250 см ³	$\pm 1 \text{ см}^3$	не повіряється

Протокол №1Д/НЛПБ-2014 від 11 червня 2014 р.
Всього аркушів 12 Примірник № 1
Підпис _____

5	Циліндр мірний	б/н	від 200 см ³ до 2000 см ³	± 20 см ³	не повіряється
6	Циліндр мірний	б/н	від 200 см ³ до 5000 см ³	± 50 см ³	не повіряється
7	Ваги лабораторні рівноплічні ВР-200г-М	788	від 0,00005 г до 200 г	± 0,00005 г	Свідоцтво про калібрування UA 02 04 №35312 від 11.06.2014
8	Ваги електронні ACS-30C	9753	від 0 до 15 кг від 15 кг до 30 кг	± 0,005 кг ± 0,010 кг	Свідоцтво про калібрування UA 02 04 №35310 від 11.06.2014
9	pH-метр-мілівольтметр pH-673	01745521	від 0 до 14	± 0,05	Свідоцтво про калібрування UA 02 02 №377 від 17.06.2014
10	Віскозиметр ВПЖ-1	1004	–	–	02.2015
11	Ареометр загального призначення АОН-1	78	від 1000 кг/м ³ до 1060 кг/м ³	± 1 кг/м ³	Свідоцтво про калібрування UA 02 02 №376 від 13.06.2013
12	Анемометр чашковий АРИ-54	б/н	від 1 м/с до 3 м/с	± 0,1 м/с	06.2014
13	Психрометр МВ-4М	14635	від -10 °С до +50 °С; від 10 % до 100 %	± 0,2 °С; ± 4 %	06.2014
14	Барометр-анероїд М67	909	від 600 мм рт. ст. до 800 мм рт. ст.	± 1 мм рт. ст.	06.2014
15	Пристрій для визначення показника змочувальної здатності водних розчинів піноутворювачів	б/н	від 15 до 25 °С	–	05.2014
16	Установка для визначення кратності і стійкості піни середньої кратності	б/н	1 до 200	± 15 %	11.2015
17	Установка для гасіння модельного вогнища класу А	б/н	–	± 15 %	11.2015
18	Установка для гасіння модельного вогнища класу В	б/н	–	± 15 %	11.2015

Методи випробувань:

1. Перед проведенням досліджень, проводиться ідентифікація піноутворювача на його відповідність нормативних документів.

Вимоги до піноутворювачів згідно з ДСТУ 3789-98 та ТУ:

- зовнішній вигляд – однорідна рідина без розшарування;
- масова частка осаду, % – не більше ніж 0,25 без термодії, не більше ніж 1,00 після термодії;
- густина, кг/м³ – встановлюється НД на конкретний піноутворювач;
- кінематична в'язкість, мм²/с – не більше ніж 50;
- температура застигання, °С – не більше ніж мінус 3;
- водневий показник (рН) 1 % водного розчину – від 6,5 до 10,0;
- показник змочувальної здатності 2 % водного розчину, с – не більше ніж 8;
- кратність піни середньої кратності, що утворюється з робочого розчину – не менше ніж 70;
- стійкість піни середньої кратності, одержаної з робочого розчину, с – не менше ніж 200;
- критична інтенсивність подавання, л/м²·с - 0,037.

Методи ідентифікації:

1.1. Визначення зовнішнього вигляду зразка піноутворювача проводили згідно з 6.2 ДСТУ 3789-98.

Метод полягає у фіксуванні наявності або відсутності розшарування або випадіння осаду під час візуального спостереження в розсіяному світлі за пробою піноутворювача об'ємом 50 см³, яку залито в циліндр місткістю 50 см³, після його витримки протягом 2 годин за температури (20 ± 2) °С.

Протокол №1 Д/НЛПБ-2014 від 11 червня 2014 р.
Всього аркушів 12 Примірник № 1
Підпис _____

Рішення про відповідність зразка піноутворювача вимогам ТУ У 24.6-32740136-001:2006 і ДСТУ 3789-98 і за показником зовнішнього вигляду приймають, якщо він являє собою однорідну рідину без розшарування.

1.2. Визначення масової частки осаду у зразку піноутворювача проводили згідно з 6.3 ДСТУ 3789-98.

Метод полягає у визначенні маси осаду, який залишається у пробірці, до якої було залито наважку піноутворювача, після її центрифугування і декантації рідини.

Масову частку осаду у відсотках розраховують за формулою

$$M_{oc} = \frac{m_1 - m_2}{m_3 - m_2} \times 100, \quad (1)$$

де m_1 – маса пробірки з осадом, кг;

m_2 – маса порожньої пробірки, кг;

m_3 – маса пробірки з пробою піноутворювача, кг.

Випробування проводять після витримування досліджуваної проби піноутворювача протягом 24 годин за температури (20 ± 2) °С (без термодії) і після її витримування протягом 24 годин за температури (60 ± 1) °С (після термодії).

За результат випробування приймають середнє арифметичне результатів чотирьох паралельних визначень, розбіжність між якими не повинна перевищувати 10 % від середнього арифметичного значення.

Рішення про відповідність зразка піноутворювача вимогам ТУ У 24.6-32740136-001:2006 і ДСТУ 3789-98 за показником масової частки осаду приймають, якщо її значення не перевищує 0,25 % без термодії та 1,00 % після термодії.

1.3. Визначення густини зразка піноутворювача проводили згідно з ДСТУ 7261:2012.

Метод полягає у візуальному зчитуванні позначки шкали градуйованого ареометра, зануреного у пробу зразка.

За результат випробування приймають середнє арифметичне результатів двох паралельних вимірювань, розбіжність між якими не повинна перевищувати 1 кг/м³.

Рішення про відповідність зразка піноутворювача вимогам ТУ У 24.6-32740136-001:2006 за показником густини приймають, якщо її значення знаходиться в межах від 1000 кг/м³ до 1200 кг/м³.

1.4. Визначення кінематичної в'язкості зразка піноутворювача проводили згідно з ДСТУ ГОСТ 33-2003.

Кінематичну в'язкість визначають віскозиметричним методом, який полягає у вимірюванні тривалості протікання крізь капіляр віскозиметра певного об'єму проби з вимірювального резервуара віскозиметра під впливом сили тяжіння і в розрахунку кінематичної в'язкості у міліметрах квадратних за секунду за формулою

$$\gamma = C \times \tau, \quad (2)$$

де C – константа віскозиметра, мм²/с²;

τ – тривалість протікання проби, с.

Для віскозиметра, використаного під час проведення випробувань, $C = 0,0279$ мм²/с².

За результат випробування приймають середнє арифметичне результатів не менш ніж трьох паралельних визначень, розбіжність між якими не повинна перевищувати 0,2 % від середнього арифметичного значення.

Рішення про відповідність зразка піноутворювача вимогам ТУ У 24.6-32740136-001:2006 і ДСТУ 3789-98 за показником кінематичної в'язкості приймають, якщо її значення не перевищує 50 мм²/с.

1.5. Визначення температури застигання зразка піноутворювача проводили згідно з ДСТУ ГОСТ 18995.5:2009.

В основу методу визначення температури застигання покладено спостереження за температурною зупинкою, яка відбувається під час застигання піноутворювача, пробірку з пробою якого занурено в охолоджувальну баню. Як охолоджувальну баню використовують посудину, заповнену сумішшю снігу (або подрібненого льоду), хлориду натрію і хлориду амонію у масовому співвідношенні 10:4:2.

Протокол №1/Д/НЛПБ-2014 від 11 червня 2014 р.
Всього аркушів 12 Примірник № 1
Підпис _____

За⁵ результат випробування приймають середнє арифметичне результатів не менше ніж трьох паралельних визначень, розбіжність між якими не повинна перевищувати 5 % від середнього арифметичного значення.

Рішення про відповідність зразка піноутворювача вимогам ТУ У 24.6-32740136-001:2006 і ДСТУ 3789-98 за показником температури застигання приймають, якщо її значення не перевищує мінус 3 °С.

1.6. Визначення водневого показника (рН) 1 % водного розчину зразка піноутворювача проводили згідно з ДСТУ 2207.1-93 (ГОСТ 22567.5-93).

Метод полягає у вимірюванні різниці потенціалів скляного електрода та електрода порівняння, які занурено в досліджуваний зразок. Значення водневого показника цього розчину реєструють за показами рН-метра, шкалу якого градуйовано в одиницях рН.

За результат випробування приймають середнє арифметичне результатів двох паралельних дослідів, допустима розбіжність між якими не повинна перевищувати 0,1 одиниці рН.

Рішення про відповідність зразка піноутворювача вимогам ТУ У 24.6-32740136-001:2006 і ДСТУ 3789-98 за водневим показником (рН) 1 % водного розчину приймають, якщо його значення знаходяться в межах від 6,5 до 10,0.

1.7. Визначення показника змочувальної здатності 2 % водного розчину зразка піноутворювача проводили згідно з 6.8 ДСТУ 3789-98.

Метод полягає у визначенні проміжку часу, який потрібен для просочування гідрофобної тканини водним розчином піноутворювача.

За результат випробування приймають середнє арифметичне результатів двох паралельних визначень, розбіжність між якими не повинна перевищувати 1 с.

Рішення про відповідність зразка піноутворювача вимогам ТУ У 24.6-32740136-001:2006 і ДСТУ 3789-98 за показником змочувальної здатності 2 % водного розчину приймають, якщо його значення не перевищує 8 с.

1.8. Визначення кратності і стійкості піни середньої кратності, що утворюється з 6 % водного розчину, проводили згідно з 6.5 ДСТУ 3789-98.

Для визначення кратності піни середньої кратності робочий розчин піноутворювача подають під тиском на генератор піни середньої кратності, а піну, яка утворюється – у пінозбирач місткістю 200 дм³. Пінозбирач разом з підставкою для його встановлення зважують спочатку в порожньому стані, а потім після заповнення піною. За різницею мас визначають масу розчину, який витрачено на утворення піни і, знаючи місткість пінозбирача, розраховують кратність піни за формулою

$$K = \frac{V_n \cdot \rho_p}{m_1 - m_2}, \quad (3)$$

де V_n – об'єм піни, що відповідає внутрішньому об'єму пінозбирача, дм³;

ρ_p – густина робочого розчину, яку приймають такою, що дорівнює 1,000 кг/дм³;

m_1 – сумарна маса рами, циліндра і пінозбирача з піною, кг;

m_2 – сумарна маса рами, циліндра і порожнього пінозбирача, кг.

Показник стійкості піни визначається проміжком часу, за який з піни витікає 50 % від об'єму розчину, витраченого на її утворення. З метою визначення цього показника в момент заповнення пінозбирача піною вмикають секундомір і фіксують проміжок часу, за який з неї витікає відповідний об'єм розчину, вимірюваний за допомогою циліндра.

За результат випробування приймають середнє арифметичне результатів двох паралельних дослідів, допустима розбіжність між якими не повинна перевищувати 10 % від середнього арифметичного значення.

Рішення про відповідність зразка піноутворювача вимогам ТУ У 24.6-32740136-001:2006 і ДСТУ 3789-98 за показниками кратності і стійкості піни середньої кратності, що утворюється з 6 % водного розчину, приймають, якщо значення кратності піни, більше ніж 70, а значення показника стійкості піни перевищує 200 с.

Протокол №1Д/НЛПБ-2014 від 11 червня 2014 р.
Всього аркушів 12 Примірник № 1
Підпис _____

1.9 Визначення критичної інтенсивності подавання визначається послідовним гасінням набору спеціальних противней. Критична інтенсивність визначається як частка від ділення витрати піно генератора на площу найбільшого погашеного противня.

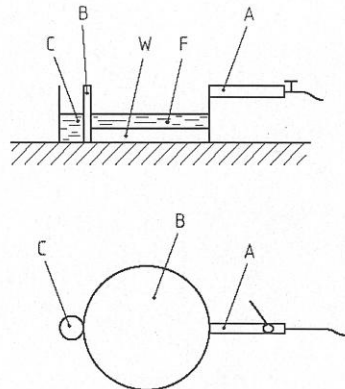
2. Методи дослідних випробувань :

2.1 Метод визначення тривалості гасіння піною генерованою з 6 % водного розчину піноутворювача, модельного вогнища пожежі класу В (55В) і показника вогнегасної здатності за класом пожежі В полягає у визначенні тривалості гасіння струменем піни, що утворюється двома генераторами модельного вогнища пожежі 55В за ДСТУ 3675-98. Комбінація генераторів згідно таблиці 1. Компонівка модельного вогнища пожежі показана на рис.1

Показник вогнегасної здатності за класом пожежі В у разі гасіння піною середньої кратності у кілограмах на квадратний метр розраховують за формулою

$$Q_B = \frac{m_1 - m_2}{S}, \quad (5)$$

- де m_1 – маса корпусу випробувального пристрою типу вогнегасника з водним розчином піноутворювача до гасіння, кг;
 m_2 – маса корпусу випробувального пристрою типу вогнегасника з водним розчином піноутворювача після гасіння, кг;
 S – площа вільної поверхні модельного вогнища пожежі 55В, яка дорівнює 1,73 м².



А – ствол-генератор піни; В – деко модельного вогнища пожежі; С – тигель для повторного запалювання, підвішений ззовні дека; F – пальне; W – вода

Рисунок 1 – Компонівка модельного вогнища пожежі для проведення досліду з гасіння модельного вогнища пожежі 55В та визначення тривалості до повторного займання, відповідно до ДСТУ EN 1568-1:2014.

2.1.1 Проведення випробувань.

Тигель для повторного запалювання діаметром 150мм., у який залито (0,9 ± 0,1) л пального, необхідно підвісити на підвітряний борт дека модельного вогнища пожежі.

Пальне в протівні 55В необхідно підпалювати не раніше ніж за 3 хв і не пізніше ніж за 5 хв після його залиття.

Пальне в тигелі для повторного займання підпалювалось після 60 с вільного горіння модельного вогнища пожежі 55В.

Деко потрібно встановити безпосередньо на землю і переконатися, що воно стоїть рівно. Після цього необхідно влити у нього приблизно 30 л води і (50 ± 2) л пального, щоб одержати шар рідини номінальною глибиною 50 мм і досягти номінальної відстані від поверхні пального до верху борта модельного вогнища пожежі 100 мм.

Протокол №1Д/НЛПБ-2014 від 11 червня 2014 р.
 Всього аркушів 12 Примірник № 1
 Підпис _____

Тигель для повторного запалювання, у який залито $(0,9 \pm 0,1)$ л пального, необхідно підвісити на підвітряний борт дека модельного вогнища пожежі.

Пальне необхідно підпалювати не раніше ніж за 3 хв і не пізніше ніж за 5 хв після його залиття. Не раніше ніж за 45 с після повного покриття поверхні пального полум'ям ствол-генератор піни середньої кратності потрібно прикріпити до борта дека, як показано на рисунку Н.1. Подання піни потрібно розпочинати за (60 ± 2) с після повного покриття поверхні пального полум'ям. Піну необхідно подавати до моменту досягнення гасіння. Після припинення подавання піни необхідно забезпечити можливість горіння пального у тиглі для повторного запалювання до моменту появи язиків полум'я, які не зникають, над шаром піни. Цей проміжок часу потрібно зареєструвати як проміжок часу до повторного займання 1 % від площі поверхні модельного вогнища пожежі.

Якщо полум'я у тиглі для повторного запалювання погашено внаслідок переливання піни через борт дека під час її подавання, пальне у тиглі потрібно негайно підпалити знову.

2.2. Визначення тривалості гасіння піною генерованою з 6 % водного розчину зразка піноутворювача, модельного вогнища пожежі класу А (1А) за ДСТУ 3675-98 і показника вогнегасної здатності за класом пожежі А полягає у визначенні тривалості гасіння струменем піни, що утворюється двома генераторами. Дослід вважається позитивним за умови позитивного результату гасіння і відсутності полум'я у модельному вогнищі через 600 с після припинення подавання піни. Тривалість горіння вогнища до початку гасіння 8хв. Вимоги до конструкції модельного вогнища та деревини згідно ДСТУ 3675-98.

Показник вогнегасної здатності за класом пожежі

А у кілограмах на квадратний метр розраховують за формулою

$$Q_A = \frac{m_1 - m_2}{S}, \quad (4)$$

де m_1 – маса випробувального пристрою типу вогнегасника з водним розчином піноутворювача до гасіння, кг;

m_2 – маса випробувального пристрою типу вогнегасника з водним розчином піноутворювача після гасіння, кг;

S – площа вільної поверхні модельного вогнища пожежі 1А, яка дорівнює 4.7 м^2 .

2.2.1 Характеристика модельного вогнища.

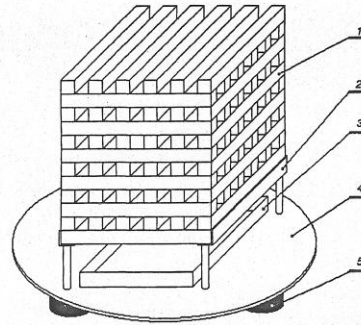
2.2.1.1 Модельне вогнище пожежі класу А є дерев'яний штабель. Штабель розміщують на двох сталевих кутниках згідно з ГОСТ 8510, які встановлено на бетонних блоках або жорстких металевих опорах таким чином, щоб відстань від основи штабеля до підлоги становила $250 \text{ мм} \pm 10 \text{ мм}$.

Як горючий матеріал використовують бруски із звичайної сосни не нижче 3 сорту за ГОСТ 9685. Вологість деревини повинна бути в межах від 10% до 14%. Методи контролю вологості деревини - згідно з ГОСТ 16588 . Бруски, що утворюють зовнішні грані штабеля, можна з'єднувати скобами або цвяхами. Штабель викладають таким чином, щоб бруски кожного наступного шару були перпендикулярні до брусків попереднього шару. При цьому по всьому об'єму повинні утворитися канали прямокутного перерізу. Металеве деко з горючою рідиною, розташовується під штабелем і призначене для його запалювання. Розміри модельного вогнища пожежі дека та кількість бензину для підпалу слідує:

	Загальна схема модельного вогнища пожежі.	Розміри дека для підпалу, мм.	Кількість бензину для підпалу.
1А	12 шарів по 6 брусків. Поперечний переріз бруска $(39 \pm 1) \text{ мм} \times (39 \pm 1) \text{ мм}$. Довжина бруска 500 мм.	400X400X100	1.1

Протокол № 1 Д/НЛПБ-2014 від 11 червня 2014 р.
Всього аркушів 12 Примірник № 1
Підпис _____

8



2.2.2 Проведення випробувань.

Виставляють модельне вогнище пожежі згідно п.5.2.1. У деко заливають 1л. води, а потім бензин у кількості 1,1 л.

Підпалювання бензину в деці модельного вогнища за допомогою факела. Тривалість горіння бензину становить $120 \text{ с} \pm 5 \text{ с}$. Після чого деко забирається з під штабеля. Вільне горіння штабеля продовжується до втрати 45% маси від початкової. Після цього оператор виконує гасіння модельного вогнища пожежі. Загальна тривалість гасіння не більше 180 с.

Повторне заповнення дека модельного вогнища водою та горючою рідиною проводять після його охолодження до температури, нижчої за температуру спалахування горючої рідини.

5.2.3 Оцінювання результатів випробувань.

Випробування вважається позитивним, якщо пристроєм проведено гасіння модельного вогнища, при цьому в ході його візуального огляду протягом перших 600 с зафіксована повна відсутність полум'яного горіння. Поява короточасних спалахів протягом цього періоду не береться до уваги.

Якщо під час випробувань штабель модельного вогнища пожежі класу А розвалюється, випробування вважається недійсним і проводиться нове.

Показник «вогнегасна здатність» пристрою в разі гасіння модельних вогнищ пожежі класу А вважається підтвердженим за умов отримання двох позитивних результатів випробувань у ході проведення серії з трьох однакових випробувань.

Хід та результати дослідних випробувань

В дослідях застосовувалися піногенератори, що забезпечують однакову витрату розчину піноутворювача, чим забезпечувалась однакове значення інтенсивності подавання водного розчину піноутворювача, що забезпечує співставлення отриманих результатів. При комбінації піно генераторів середньої та низької кратності, піна середньої кратності подавалась поверх піни низької кратності.

Умови проведення випробувань в приміщенні:

- температура повітря, °C від 19 до 21;
- температура водних розчинів, °C від 19 до 21;
- відносна вологість повітря, % від 52 до 58;
- атмосферний тиск, кПа від 100,2 до 101,0;
- швидкість вітру, м/с Менше 0,5.

Хід та результати випробувань:

1. Результати ідентифікації піноутворювача наведено в табл..3.

Протокол №1Д/НЛІБ-2014 від 11 червня 2014 р.
Всього аркушів 12 Примірник № 1
Підпис _____

Таблиця 3.

Назва показника якості, розмірність	Вимоги ТУ У 24.6- 32740136- 001:2006 [1]	Вимоги ДСТУ 3789- 98 [2]	Дійсне зна- чення	Довірчі гра- ниці похибки результату визначення	Висновок про відпо- відність
Зовнішній вигляд	Однорідна рідина без розшарування		Однорідна рідина світло-коричневого кольору без розшарування		Відповідає [1] і [2]
Масова частка осаду, %	Не більше ніж 0,25 без термодії, не більше ніж 1,00 після термодії		Осаду не виявлено		Відповідає [1] і [2]
Густина, кг/м ³	Від 1000 до 1200	Встановлюється НД на конкретний піноутворювач	1022	± 3	Відповідає [1]
Кінематична в'язкість, мм ² /с	Не більше ніж 50		3,4	± 0,1	Відповідає [1] і [2]
Температура застигання, °С	Не більше ніж -3		-3,5	± 0,4	Відповідає [1] і [2]
Водневий показник (рН) 1 % водного розчину	Від 6,5 до 10,0		7,86	± 0,05	Відповідає [1] і [2]
Показник змочувальної здатності 2 % водного розчину, с	Не більше ніж 8		Менше ніж 0,5	-	Відповідає [1] і [2]
Кратність піни середньої кратності, що утворюється з 6 % водного розчину	Не менше ніж 70		82	± 3	Відповідає [1] і [2]
Стійкість піни середньої кратності, одержаної з 6 % водного розчину, с	Не менше ніж 200		245,9	± 7,3	Відповідає [1] і [2]
Кратність піни низької кратності, що утворюється з 6 % водного розчину	Не більше 20		7,7	± 3	Відповідає [1] і [2]
Стійкість піни низької кратності, одержаної з 6 % водного розчину, с	Не менше ніж 180		233,6	± 7,3	Відповідає [1]
Критична інтенсивність подавання, л/м ² с	0,037		0,035	± 0,002	Відповідає [1]

Висновок за результатами ідентифікації піноутворювача: Піноутворювач загального призначення для гасіння пожеж "Альпен" ТУ У 24.6-32740136-001:2006 виробництва ТОВ "Альхім" (Україна) відповідає вимогам ДСТУ 3789-98 та ТУ У 24.6-32740136-001:2006.

2. Дослідження з гасіння модельного вогнища пожежі 1А

2.1. Результати експериментальних досліджень з визначення ефективності одночасного застосування двох експериментальних зразків генераторів піни (комбінація 1 табл. 1) наведено в таблиці 4.

№ дос- ліду	Вид піни	Маса випробувального пристрою типу вогнега- сника з водним розчи- ном, кг		Витрачена кількість водного розчину, л		Трива- лість гасін- ня, с	Результат гасіння	Усред- нений показник вогнега- сної здат- ності, кг/м ²	Піна середньої кратності не по- трапляє всере- дину об'ємної конструкції. Га- сіння можливе при затопленні всієї конструкції піною
		до гасіння	після га- сіння	роздільна	сумарна				
1	СК	15,87	7,01	8,86	17,75	138,2	Не погашено	Не визна- чено*	
	СК	15,89	7,00	8,89					
2	СК	15,88	7,03	8,85	17,76	137,6	Не погашено	Не ви- значено*	
	СК	15,90	6,99	8,91					

*- показник не визначено (витрата розчину піноутворювача на одиницю поверхні модельного вогнища дорівнювала 3,95 кг/м²)

2.2 Результати експериментальних досліджень з визначення ефективності одночасного застосування двох експериментальних зразків генераторів піни (комбінація 2 табл. 1) наведені в таблиці 5.

Протокол № Д/ПЛПБ-2014 від 11 червня 2014 р.
Всього аркушів 12 Примірник № 1
Підпис _____

Таблиця 5.

№ досліду	Вид піни	Маса випробувального пристрою типу вогнегасника з водним розчином, кг		Витрачена кількість водного розчину, л		Тривалість гасіння, с	Результат гасіння	Усереднений показник вогнегасної здатності, кг/м ²	Примітка
		до гасіння	після гасіння	роздільна	сумарна				
1	НК	15,83	14,12	1,71	3,52	27,5	Погашено	0,75	Спостерігалось проникнення в канали піни НК, чим забезпечувалось змочування поверхні
	НК	15,89	14,08	1,81					
2	НК	15,81	14,05	1,76	3,54	26,8	Погашено		
	НК	15,80	14,02	1,78					
3	НК	15,88	14,12	1,76	3,53	27,6	Погашено		
	НК	15,87	14,10	1,77					

2.3 Результати експериментальних досліджень з визначення ефективності одночасного застосування двох експериментальних зразків генераторів піни (комбінація 3 таб. 1) наведені в таблиці 6.

Таблиця 6

№ досліду	Вид піни	Маса випробувального пристрою типу вогнегасника з водним розчином, кг		Витрачена кількість водного розчину, л		Тривалість гасіння, с	Результат гасіння	Усереднений показник вогнегасної здатності, кг/м ²	Примітка
		до гасіння	після гасіння	роздільна	сумарна				
1	СК	15,87	13,22	2,65	4,88±0,16	37,2±1,2	Погашено	1,02	Спостерігалось проникнення в канали конструкції піни низької кратності, яка затягувала за собою ще піну СК, чим забезпечувалось охолодження та ізолювання поверхні, що горить
	НК	15,89	13,66	2,23					
2	СК	15,83	13,47	2,29	4,55±0,16	36,7±1,2	Погашено		
	НК	15,80	13,49	2,26					
3	СК	15,86	13,49	2,37	4,64±0,16	37,0±1,2	Погашено		
	НК	15,89	13,62	2,27					

3. Дослідні випробування з гасіння модельного вогнища пожежі 55В.

3.1 Результати експериментальних досліджень з визначення ефективності одночасного застосування двох експериментальних зразків генераторів піни (комбінація 4 таб. 1) наведені в таблиці 7.

Таблиця 7

№ досліду	Вид піни	Маса випробувального пристрою типу вогнегасника з робочим розчином піноутворювача, кг		Маса витраченого водного розчину піноутворювача, л		Тривалість гасіння, с	Результат гасіння	Усереднений показник вогнегасної здатності, кг/м ²	Примітка
		до гасіння	після гасіння	роздільна	сумарна				
1	НК	15,83	10,57	8,91	17,85±0,01	147,6	Не погашено		Не визначено
	НК	15,86	9,02	8,94					
2	НК	15,87	10,67	8,81	17,71±0,02	133,5	Погашено	10,24	5,2
	НК	15,84	10,68	8,88					
3	НК	15,81	10,67	8,80	17,64±0,02	132,2	Погашено		2,3
	НК	15,86	10,76	8,84					

3.2 Результати експериментальних досліджень з визначення ефективності одночасного застосування двох експериментальних зразків генераторів піни (комбінація 5 таб. 1) наведені в таблиці 8.

Протокол №1 Д/НДЛПБ-2014 від 11 червня 2014 р.
Всього аркушів 12 Примірник № 1
Підпис _____

Таблиця 8

№ дос- луду	Вид піни	Маса випробувального пристрою типу вогнега- сника з водним розчи- ном, кг		Витрачена кількість водного розчину, л		Трива- лість гасін- ня,с	Результат гасіння	Усеред- нений показник вогнегас- ної здат- ності, кг/м ²	Тривалість до повторного за- ймання,с
		до гасіння	після га- сіння	Роздільна	сумарна				
1	СК	15,76	12,23	3,43	6,92	55,9	Погашено	4,1	31,2
	СК	15,84	12,35	3,49					
2	СК	15,82	12,13	3,69	7,27	56,7	Погашено		32,0
	СК	15,80	12,22	3,58					
3	СК	15,73	12,32	3,41	7,09	56,4	Погашено		34,1
	СК	15,81	12,13	3,68					

3.2 Результати експериментальних досліджень з визначення ефективності одночасного застосування двох експе-
риментальних зразків генераторів піни (комбінація 6 таб. 1) наведені в таблиці 9.

Таблиця 9

№ дос- луду	Вид піни	Маса випробувального пристрою типу вогнега- сника з водним розчи- ном, кг		Витрачена кількість водного розчину, л		Трива- лість гасін- ня,с	Результат гасіння	Усеред- нений показник вогнегас- ної здат- ності, кг/м ²	Тривалість до повторного за- ймання,с
		до гасіння	після га- сіння	Роздільна	сумарна				
1	СК	15,78	13,06	2,72	5,71	44,6	Погашено	3,5	32
	НК	15,97	12,98	2,99					
2	СК	15,85	12,89	2,86	6,06	47,0	Погашено		31
	НК	15,89	12,69	3,20					
3	СК	15,78	13,06	2,74	5,88	45,1	Погашено		29
	НК	15,97	12,98	3,14					

Висновки за результатами випробувань:

1. В умовах випробувань гасіння модельного вогнища пожежі 1А піною середньої кратності, згенерованої з робочого розчину піноутворювача "Альпен" ТУ У 24.6-32740136-001:2006 виробництва ТОВ "Альхім" (Україна) з витратою 0,130±0,0002 л/с не забезпечується.
2. В умовах випробувань забезпечується гасіння модельного вогнища пожежі 1А піною низької кратності, згенерованої з робочого розчину піноутворювача "Альпен" ТУ У 24.6-32740136-001:2006 виробництва ТОВ "Альхім" (Україна) 0,130±0,0002 л/с, при цьому показник вогнегасної здатності складає 0,75 кг/м².
3. В умовах випробувань забезпечується гасіння модельного вогнища пожежі 1А комбінованою піною, згенерованої з робочого розчину піноутворювача "Альпен" ТУ У 24.6-32740136-001:2006 виробництва ТОВ "Альхім" (Україна) з витратою 0,130±0,0002 л/с, при цьому усереднений показник показник вогнегасної здатності складає 1,02 кг/м².
4. В умовах випробувань найбільш ефективною для гасіння модельного вогнища пожежі класу А в умовах випробувань виявилась піна низької кратності.
5. В умовах випробувань забезпечується гасіння модельного вогнища пожежі 55В піною середньої кратності, згенерованої з робочого розчину піноутворювача "Альпен" ТУ У 24.6-32740136-001:2006 виробництва ТОВ "Альхім" (Україна) з витратою 0,130±0,0002 л/с, при цьому усереднений показник вогнегасної здатності має значення 4,1 кг/м².

Протокол №1Д/ДЛПБ-2014 від 11 червня 2014 р.
Всього аркушів 12 Примірник № 1
Підпис _____

6. В умовах випробувань забезпечується гасіння модельного вогнища пожежі 55В піною низької кратності, згенерованої з робочого розчину піноутворювача "Альпен" ТУ У 24.6-32740136-001:2006 виробництва ТОВ "Альхім" (Україна) з витратою $0,130 \pm 0,0002$ л/с, при цьому усереднений показник вогнегасної здатності має значення $5,92$ кг/м².
7. В умовах випробувань забезпечується гасіння модельного вогнища пожежі 55В комбінованою піною, згенерованої з робочого розчину піноутворювача "Альпен" ТУ У 24.6-32740136-001:2006 виробництва ТОВ "Альхім" (Україна) з витратою $0,130 \pm 0,0002$ л/с, при цьому усереднений показник вогнегасної здатності має значення $3,5$ кг/м².
8. В умовах випробувань найбільш ефективною для гасіння модельного вогнища пожежі класу 55В виявилась комбінована піна, згенерована одночасно одним генератором піни середньої кратності з витратою $0,066$ л/с та одним генератором піни низької кратності з витратою $0,066$ л/с.

ПРИМІТКИ:

- копії протоколів чинні тільки після їх завірення у ТОВ "Незалежна лабораторія пожежної безпеки".

Складено 2 примірники протоколу.

Місцезнаходження протоколу:

- примірник №1 – ТОВ "НЛПБ";
- примірник №2 – Замовника ;

Протокол склав:



Ад'юнкт

О.В.Грушовінчук

Протокол №1 Д/НЛПБ-2014 від 11 червня 2014 р.
Всього аркушів 12 Примірник № 1
Підпис _____

