

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ
(повне найменування вищого навчального закладу)

ФАКУЛЬТЕТ ОПЕРАТИВНО-РЯТУВАЛЬНИХ СИЛ
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

КАФЕДРА СПЕЦІАЛЬНОЇ ХІМІЇ ТА ХІМІЧНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

до дипломної роботи
за освітнім ступенем магістра
(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: Розробка заходів для зниження забруднення атмосфери при аварійних розливах горючих рідин

Виконав: курсант (студент) 2 курсу за
освітнім ступенем магістра,
групи ЗМХТ-17-222
галузі знань (спеціальності)

16 «Хімічна та біоінженерія»,
(161 «Хімічні технології та інженерія»)
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Мальцев Д.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник Кіреєв О.О.
(прізвище та ініціали)

Рецензент Калиновський А.Я.
(прізвище та ініціали)

Харків – 2019 року

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ
(повне найменування вищого навчального закладу)

ФАКУЛЬТЕТ ОПЕРАТИВНО-РЯТУВАЛЬНИХ СИЛ

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

КАФЕДРА СПЕЦІАЛЬНОЇ ХІМІЇ ТА ХІМІЧНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Освітній ступінь _____ магістр _____

Напрямок підготовки _____ 16 «Хімічна та біоінженерія» _____

(ШИФР І НАЗВА)

СПЕЦІАЛЬНІСТЬ _____ 161 «ХІМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРІЯ» _____

(ШИФР І НАЗВА)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Начальник кафедри СХХТ

_____ О.В. Тарахно

“ _____ ” _____ 2019 року

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Мальцеву Дмитру Вікторовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розробка заходів для зниження забруднення атмосфери при аварійних розливах горючих рідин _____
керівник роботи Кіреєв Олександр Олександрович, д.т.н., професор

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом університету від “06” березня 2019 року №37

2. Строк подання студентом роботи “13” травня 2019 року

3. Вихідні дані до роботи: Книги, статті, нормативно-технічні документи, звіти про науково-дослідну роботу, дисертації, техніко-економічні нормативи та норми, прейскуранти, реферати і рецензії, опубліковані у вигляді окремих документів, а також інформація наведена на WEB-saite INTERNET

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Вступ

2. Літературний огляд. Аналіз стану питання

3. Об'єкти і методики досліджень.

4. Практичні заходи щодо зниження забруднення атмосфери при ліквідації горіння розлив горючих рідин

5. Висновки та пропозиції.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень / слайдів)

1. Аналіз виникнення пожежі в Україні за 3 місяці 2019 року.
2. Задачі роботи.
3. Умови функціонування технічних систем з горючими рідинами, які надають антропогенний вплив на навколишні екосистеми.
4. Показники, що характеризують стійкість піни.
5. Технології отримання та використання швидкотвердіючої піни
6. Компоненти для отримання піноутворюючих складів
7. Схема експериментальної установки для отримання ШТП.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 06.03.2019р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	08.03.2019	
2	Літературний огляд. Аналіз стану питання	13.03.2019	
3	Об'єкти і методики досліджень.	20.03.2019	
4	Практичні заходи щодо зниження забруднення атмосфери при ліквідації горіння розлив горючих рідин	30.03.2019	
5	Висновки та пропозиції	20.04.2019	
6	Виконання графічної частини	13.05.2019	

Здобувач вищої освіти _____ Д.В. Мальцев
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ О.О. Кірсєв
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Звіт про ДР : 72 с., 14 рис., 6 табл., 40 джерел, 1 додатки.

Ключові слова: антропогенний вплив, швидкотвердіючі піни, піноутворюючі склади, розлив горючих рідин

Об'єкт досліджень: швидкотвердіюча піна, яка отримана з піноутворюючого складу на основі біологічно м'яких ПАР.

Мета роботи: розробка практичних заходів, спрямованих на зниження забруднення живої природи при аварійних розливах горючих рідин, шляхом використання швидкотвердіючої піни на основі біологічно м'яких поверхнево-активних речовин (ПАР)

Стислий зміст роботи та висновки: Досліджено умови функціонування технічних засобів з ГР, при аваріях, які надають антропогенний вплив на навколишні екосистеми у вигляді продуктів випаровування і горіння рідин.

Розроблено піноутворюючий склад на основі біологічно м'яких ПАР.

Досліджено основні характеристики піноутворюючих складів, що визначають доцільність їх застосування для зниження забруднення живої природи при аварійних розливах ГР.

Визначено ізолюючу здатність і час захисної дії ШТП на поверхні різних ГР, які характеризують доцільність їх застосування для зниження забруднення атмосфери при аварійних розливах.

Розроблено спосіб ліквідації горіння та нову технологію використання ШТП для гасіння пароповітряної суміші, що знижують несприятливі екологічні наслідки при аварійному розливі ГР.

Запропоновано нову технологію ліквідації горіння ГР в обвалуванні, яка полягає в послідовному розподілі рідини, що розлилася на сектори, що дозволяє знизити питомі витрати піноутворюючого складу, кількість залучених сил і засобів, час ліквідації горіння, і в кінцевому підсумку значно зменшити екологічне навантаження аварійного розливу ГР на навколишню екосистему.

Область використання: ліквідації горіння розливів ГР, і нова технологія використання ШТП для гасіння пароповітряної суміші, що знижують несприятливі екологічні наслідки при аварійному розливі ГР.

					НУЦЗУ.2.25-13-75.СХтаХТ. РПЗ-10	Лист
						5
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ABSTRACT

Report on DR: 72 p., 14 figures, 6 tables, 40 sources, 1 annex.

Key words: anthropogenic influence, fast-hardening foams, foam-decomposing compositions, flood of flammable liquids

Object of research: fast-hardening foam, obtained from the foam formation composition on the basis of biologically soft surfactants.

Purpose: the development of practical measures aimed at reducing the pollution of wildlife during emergency flooding of combustible liquids, by using a fast-curing foam on the basis of biologically soft surfactants (surfactants)

Summary of work and conclusions: Conditions of functioning of technical means with GR are investigated, in the event of accidents that have anthropogenic impact on ecosystems in the form of products of evaporation and combustion of liquids.

The foaming composition based on biologically soft surfactants is developed.

The main characteristics of foam forming compositions, which determine the expediency of their application for reducing the contamination of wildlife during emergency spills GR.

Determine the insulating ability and time of protective action of SCS on the surface of different GRs, which characterize the feasibility of their application to reduce the pollution of the atmosphere during emergency spills.

A method of combustion elimination and a new technology for the use of STS for extinguishing a steam-air mixture, which reduces the adverse environmental impacts during an emergency spillage of GR, has been developed.

A new technology for combustion of combustion GHP in a collapse is proposed that consists of a sequential distribution of liquid that spills into sectors, which allows lowering the specific costs of the foam forming composition, the amount of the involved forces and means, the time of elimination of combustion, and ultimately significantly reduce the ecological Emergency gas spill load on the surrounding ecosystem.

Scope of use: elimination of combustion of spills GV, and a new technology for the use of SCS for extinguishing a steam-air mixture, reducing the adverse environmental consequences of accidental spill GD.

					<i>НУЦЗУ.2.25-13-75.СХмаХТ. РПЗ-10</i>	<i>Лист</i>
						6
<i>Зм</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД. АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ	9
1.1 Умови функціонування технічних систем з горючими рідинами, які надають антропогенний вплив на навколишні екосистеми.....	9
1.1.1. Екологічні наслідки випаровування горючих рідин при аварійному розтіканні	9
1.1.2. Екологічні та соціально-економічні наслідки горіння рідин при аваріях технічних систем.....	17
1.2. Механізм ліквідації горіння рідин піною і основні характеристики піноутворюючих складів	28
1.3. Технології отримання та використання швидкотвердіючої піни	37
РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕНЬ	42
2.1. Характеристика об'єктів досліджень	42
2.2. Методики дослідження основних характеристик піноутворюючих складів і швидкотверднучих пін.....	46
2.2.1. Кратності пін.....	46
2.2.2. Тривалості затвердіння піни	49
2.2.3. Стійкості піноутворюючих складів на поверхні горючих рідин	51
2.2.4. Ізолюючої здатності піни на поверхні горючих рідин	52
2.2.5. Часу захисної дії піни на поверхні горючих рідин	54
2.2.6. Часу гасіння піною низької кратності	56
РОЗДІЛ 3. ПРАКТИЧНІ ЗАХОДИ ЩОДО ЗНИЖЕННЯ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ ПРИ ЛІКВІДАЦІЇ ГОРІННЯ РОЗЛИВ ГОРЮЧИХ РІДИН.	59
3.1. Спосіб і технологія ліквідації горіння розлилася горючої рідини піною	59
3.2. Рекомендації щодо розробки та вдосконалення спеціальної техніки для отримання швидкотвердіючої піни	63
ВИСНОВОК.....	66
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ.....	67
ДОДАТКИ	72

					<i>НУЦЗУ.2.25-13-75.СХтаХТ. РПЗ-10</i>	Лист
<i>Зм</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		4

ВСТУП

Суспільство на сучасному етапі стикається з проблемами забезпечення безпеки людини і навколишнього середовища. В останнє десятиліття спостерігається стійка тенденція зростання числа аварій, що супроводжуються розливом горючих рідин (ГР). Залежно від ряду факторів (характер руйнування, маса випаровується продукту і т.п.) аварійна ситуація може розвиватися без горіння або з горінням ГР. В останньому випадку багаторазово (іноді в сотні разів) посилюється забруднення атмосфери продуктами горіння.

Численні приклади аварійних розливів нафтопродуктів з подальшим горінням показують, що вони становлять велику небезпеку для навколишнього середовища через забруднення ґрунту, ґрунтових і поверхневих вод, загибелі від вогню флори і фауни [22, 33 - 35]. Практика свідчить, що ліквідація аварій, пов'язаних з протоками нафтопродуктів, вимагає багато часу і засобів для їх збору та утилізації. При ліквідації аварії важливо запобігти можливості виникнення горіння (вибуху) [36, 38].

Значний внесок у вивчення екологічного впливу на навколишнє середовище аварійних розливів ГР і наслідків горіння різних речовин і матеріалів внесли Андропова А.В., Бесчастнов М.В., Брушлинский М.М., Бінов В.Н., Вязніковцев А.В., Гришин АМ, Гостинців Ю.А., Ісаєва Л.К., Ізмаїлов А.С., Копилов Н.П. [12, 13, 22, 37, 40, 53, 54, 63, 64], а також Малихін О.В., Павлов П.П., Петряков-Соколов І.В., Рижов АМ, Серков Б.Б. , Суругін А.В., Таубкіна І.С, Тимофєєва С.С, Хасанов І.Р., Хованов АМ, Худяков Г.Н., Щеглов П.П. та інші [7], Результати їх досліджень дозволили дати комплексне уявлення про вплив горіння на стан навколишнього середовища, ними розроблені загальні підходи до оцінки впливу пожеж на екосистеми.

Одним з перспективних способів зниження інтенсивності випаровування ГР і ліквідації горіння паро-повітряної суміші є застосування повітряно-механічних пін

					<i>НУЦЗУ.2.25-13-75.СХмаХТ. РПЗ-10</i>	Лист
						5
<i>Зм</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

(ПМП). Дослідженням застосування пін для ліквідації горіння індивідуальних речовин і нафтопродуктів займалися Аксьонов В.П., Астапов А.Н., Бегішев І.Р., Безрідних І.Ф., Білкун Д.Г., Бяков А.В., Билінкін В.А., Власов А.Г., Власенко І.Г., Волков О.М., Грачов А.В., Гілетіч А.Н., Гілетіч В.А. [1, 4, 8, 9, 21, 31], а також Дубков П.Ф., Крилов О.В., Кокорєв О.В., Лобода М.В., Лоран А.Г., Меркулов В.А., Меркулов В.А., Молчанов В.П., Пешков В.В., Ремізов Ю.В., Сотников Н.В., Теплов Г.С., Троян М.Д., шароварниками А.Ф., Швирков А.Н. та інші. Ними встановлено, що горіння ГР відбувається в паровій фазі при наявності і доступі кисню повітря. Відзначається, що ПМП не здатна протягом тривалого часу створювати механічну перешкоду для виносу парів ГР в атмосферу і запобігати можливості виникнення горіння.

Одним з перспективних способів, що забезпечують тривалу ізоляцію поверхні випаровування пролитої горючої рідини і попередження займання її парів, є застосування швидкотвердіючої піни (ШТП) низької кратності. Піна здатна самовільно твердіти з плином часу і значно знижувати екологічне навантаження на атмосферу від продуктів аварійного розливу ГР. Тривалість ізолюючого дії таких пін може становити кілька діб. Вирішальним фактором, що впливає на вибір засіб, що перешкоджає поширенню парів нафтопродукту в навколишнє середовище, є тривалість існування покриття.

Особливо ефективним є застосування ШТП при подачі на палаючу рідину, оскільки до затвердіння піна покриває всю поверхню і припиняє горіння, а в подальшому перешкоджає повторному займанню паро-повітряної суміші.

У той же час практичне застосування ШТП при аварійних розливах ГР стримується через відсутність науково обґрунтованих біологічно м'яких піноутворюючих складів і технологій використання пін, а також відсутність ефективних технічних рішень для їх отримання та подачі, в зв'язку з цим питання, які вирішуються в дисертаційній роботі, є актуальними.

					<i>НУЦЗУ.2.25-13-75.СХтаХТ. РПЗ-10</i>	Лист
						6
<i>Зм</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

У зв'язку з вище викладеним, **метою роботи** є розробка практичних заходів, спрямованих на зниження забруднення живої природи при аварійних розливах горючих рідин, шляхом використання швидкотвердіючої піни на основі біологічно м'яких поверхнево-активних речовин (ПАР).

Задачі роботи наступні:

1. Дослідити умови функціонування технічних засобів з ГР, при аваріях, які надають антропогенний вплив на навколишні екосистеми у вигляді продуктів випаровування і горіння рідин.

2. Розробити піноутворюючий склад на основі біологічно м'яких ПАР.

3. Дослідити основні характеристики піноутворюючих складів, що визначають доцільність їх застосування для зниження забруднення живої природи при аварійних розливах ГР.

4. Визначити ізолюючу здатність і час захисної дії ШТП на поверхні різних ГР, які характеризують доцільність їх застосування для зниження забруднення атмосфери при аварійних розливах.

5. Розробити спосіб ліквідації горіння та нову технологію використання ШТП для гасіння пароповітряної суміші, що знижують несприятливі екологічні наслідки при аварійному розливі ГР.

Новизна роботи полягає в:

- визначенні складу піноутворюючої композиції для отримання ШТП з властивостями, необхідними для застосування її в якості засобу зниження забруднення живої природи при аварійних розливах ГР;

- експериментальному обґрунтуванні залежностей піноутворюючої здатності, періоду затвердіння і стійкості ШТП від концентрації компонентів піноутворюючого складу, а також ізолюючої здатності ШТП від товщини пінного шару;

- оцінці ізолюючої здатності, тривалості ізолюючого дії, стійкості і періоду затвердіння ШТП на поверхні полярних рідин, граничних вуглеводнів і найбільш поширених нафтопродуктів;

					НУЦЗУ.2.25-13-75.СХмаХТ. РПЗ-10	<i>Лист</i>
						7
<i>Зм</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

- розробці нової технології використання ШТП для зниження екологічного навантаження на навколишнє екосистему продуктами випаровування і горіння ГР при аварійному розливі.

Практична значимість:

1. Розроблено установку для отримання і дослідження властивостей ШТП в лабораторних і натурних умовах.

2. Розроблено спосіб ліквідації горіння, і нова технологія використання ШТП для гасіння пароповітряної суміші, що знижують несприятливі екологічні наслідки при аварійному розливі ГР.

					<i>НУЦЗУ.2.25-13-75.СХтаХТ. РПЗ-10</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>8</i>

РОЗДІЛ 1. ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД. АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ

1.1 Умови функціонування технічних систем з горючими рідинами, які надають антропогенний вплив на навколишні екосистеми

В останнє десятиліття спостерігається стійка тенденція зростання числа аварій, що супроводжуються розливом ГР. Це підсилює проблеми забезпечення безпеки людини і навколишнього середовища. Попередній аналіз умов функціонування технічних засобів з горючими рідинами, при аварії яких можливо антропогенний вплив на навколишні екосистеми, показав, що в залежності від характеру руйнування, маси та виду випаровується продукту, фізико-хімічних і пожежонебезпечних властивостей ГР і від ряду інших факторів аварійна ситуація може розвиватися без горіння або з горінням ГР. У зв'язку з цим, проведемо загальну оцінку екологічних наслідків забруднення атмосфери для випадків:

- випаровування горючих рідин при аварійному розтіканні;
- горіння рідин при ліквідації аварій.

1.1.1. Екологічні наслідки випаровування горючих рідин при аварійному розтіканні

Процес випаровування рідин з відкритою поверхні призводить до забруднення атмосфери і створює вибухопожежонебезпечну ситуацію. При вивченні процесів випаровування рідин найважливішим показником, який визначає кількість парів, які надходять в навколишній простір, є площа дзеркала випаровування. У зв'язку з цим, проведемо аналіз результатів досліджень, присвяченим вивченню закономірностей розтікання горючих рідин по різних поверхнях в виробничих приміщеннях і в природному середовищі.

					НУЦЗУ.2.25-13-75.СХтаХТ. РПЗ-10	Лист
						9
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Відомі дані про розтікання деяких рідин на різних поверхнях. Аналіз цих даних показує, що питома площа протоки 1 л ГР досягає декількох квадратних метрів і визначається природою рідини, а також видом і властивостями поверхні.

Алексєєв М.В., Волков О.М., Шатров Н.Ф. в роботі [4] вказують, що 1 л авіаційного палива марки Т-1, розтікаючись по бетонній горизонтальній площадці при температурі 18°C, займає площу 0,8 м², а також кількість мінерального масла (в'язкість при 18°C дорівнює 30 см²/с) займає площу 0,2 м². У цій же роботі наведено приклад аварії на магістральному нафтопроводі, при якій близько 3000 м³ нафти розтіклося по ухилу на відстані 2 - 2,5 км, досягаючи на деяких ділянках ширини 100 - 150 м. При цьому аварії питома площа протоки склала близько 0,05 м²/л.

Дослідженню розтікання рідин на горизонтальній поверхні присвячено ряд робіт Реутта В.Ч., де наведені дані по розтіканню горючих рідин автолу АС-10, масла для високошвидкісних механізмів, дизельного палива і бензину по горизонтальній поверхні скла. При цьому в першій серії дослідів радіус розтікання вимірювався при одноразовому розливі певного об'єму рідини, а в досліді другій серії рідина подавалася безперервно з постійною витратою.

Обробка експериментальних даних показала, що залежність радіуса розтікання від часу, обсягу, і в'язкості рідини при разовому закінченні з достатнім ступенем точності може бути представлена рівнянням

$$\frac{R}{l} = AG_a^m H_0^n \quad (1.1)$$

де G_a - критерій Галілея; H_0 - критерій гомохронності; l - визначальний розмір.

За l при одноразовому вигині може бути взята, величина, пропорційна лінійного розміру об'єму рідини,

$$l = \sqrt[3]{Q \cdot \tau} \quad (1.2)$$

а при безперервному витіканні - пропорційна лінійного розміру об'єму рідини в даний момент часу

					НУЦЗУ.2.25-13-75.СХмаХТ. РПЗ-10	Лист
						10
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$l = \sqrt[3]{V \tau} \quad , \quad (1.3.)$$

де Q - об'ємна витрата рідини.

Після визначення коефіцієнтів A , m , n залежність радіуса розтікання від часу, об'єму і розчину рідини набувають такий вигляд:

при одноразовому витіканні

$$\frac{R}{\sqrt[3]{V}} = 0.58 \left(\frac{gV}{\nu^2} \right)^{0.08} \left(\frac{g\tau}{\sqrt[3]{V}} \right)^{0.06} \quad , \quad (1.4.)$$

при безперервному витіканні

$$\frac{R}{\sqrt[3]{Q\tau}} = 0.46 \left(\frac{gQ\tau}{\nu^2} \right)^{0.08} \left(\frac{g\tau^2}{\sqrt[3]{Q\tau}} \right)^{0.06} \quad (1.5.)$$

Ці формули визначені за таких умов:

$$10^3 \leq Ga \leq 6 \cdot 10^7$$

$$1,5 \cdot 10^3 \leq No \leq 4 \cdot 10^8$$

Використовуючи зазначені співвідношення, можна розрахувати площу дзеркала рідини, що розтікається.

Пчелинцев В.А. при розробці принципів категорювання виробництв по вибухопожежної і пожежної небезпеки багато уваги приділяли експериментальному і теоретичному дослідженню площі протоки різних рідин. В роботі [92] ними вивчався протоку ацетону, бензину Б-70, ксилолу, толуолу, розчинника Р-5 і нітроцелюлози лаку НЦ-222 на підлогу з бетонних плиток на наповнювачі з мармурової крихти.

Встановлено, що при малих кількостях пролитої рідини на величину площі протоки впливають фізичні властивості рідини і матеріалу статі. Зі збільшенням кількості рідини на величину площі починають впливати стан поверхні, на яку розливалася рідина, і, перш за все нерівності, поглиблення швів між плитками

					<i>НУЦЗУ.2.25-13-75.СХмаХТ. РПЗ-10</i>	<i>Лист</i>
						11
<i>Зм</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

підлоги, шорсткість тощо. Так, наприклад, при протоці десяти літрів ацетону 1 л розливався на площу 0,95 м², а при великих кількостях на 0,82 - 0,85 м².

Теоретично площа протоки рідини визначалася з умов рівноваги шару рідини, що розлилася

$$\text{grad } P = \bar{f} \quad , \quad (1.6.)$$

де P - гідростатичний тиск рідини; f - вектор зовнішніх сил, віднесений до одиниці об'єму. Остаточний вигляд шуканої залежності

$$S = V_{ж} \text{ctg } \alpha \sqrt{\frac{\rho g}{\sigma}} \quad , \quad (1.7)$$

де S - площа протоки рідини, м²; V_ж - обсяг рідини, що розливається м³; α - кут змочуваності поверхні підлоги, що розливається град; ρ - щільність рідини, кг*м⁻³; g - прискорення сили тяжіння, м*с⁻²; σ - коефіцієнт поверхневого напруження рідини, Н*м⁻¹.

При підрахунку площі протоки рідини по підлозі в виробничих умовах в формулу вводиться коефіцієнт K_п, що характеризує стан поверхні підлоги і враховує нерівності, шорсткість, поглинання рідин матеріалів статі і т.д. Значення K_п рекомендується вибирати виходячи з статичних даних, отриманих експериментально. Так, для підлог з бетонної плитки на наповнювачі з мармурової крихти K_п дорівнює 0,485. Це значення підтверджується також даними, наведеними в деяких роботах.

Порівняння площі протоки рідин, отриманих експериментально, з розрахунками за наведеною формулою дозволяє зробити висновок про задовільну порівнянності отриманих результатів. При це при малих кількостях рідини (до 10 л) відзначається деяке зменшення площі протоки, отримане розрахунковим методом. Автори пояснюють це тим, що при розтіканні малої кількості рідини вплив K_п позначається в зменшенні ступеня. Разом з тим в більшості випадків протоку рідин в кількостях від 1 до 10 л недостатній для утворення паро-повітряної суміші вибухонебезпечної концентрації і не характерний при оцінці ступеня

					НУЦЗУ.2.25-13-75.СХмаХТ. РПЗ-10	Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		12

вибухонебезпечної ситуації. У роботі так само відзначається, що площа протоки рідин може визначатися розрахунковим методом. Водночас при цьому необхідно враховувати, що для кількості ГР більше 10 л розрахункова площа розливу відрізняється від експериментальних даних до 20%. Якщо ж кількість рідини, що розлилася перевищує 40 л, розбіжність між експериментальними і розрахунковими даними не перевищує 4%.

Таким чином, результати літературного огляду досліджень аварійного виходу ГР з технологічних апаратів показали, що площа розливу залежить від характеру підстильної поверхні і об'єму вийшла рідини назовні.

Найважливішим показником при оцінці екологічних наслідків випаровування горючих рідин при аварійному розтіканні, визначальним кількість парів, що надходять в навколишній простір, є швидкість (інтенсивність) випаровування.

Відомо, що Алексєєв М.В., Баратов А.Н., Годжелло М.Г. як основну розрахункову формулу для визначення масової швидкості випаровування рідин запропонували співвідношення:

$$m = 2RDt \frac{M}{V_t} \ln \frac{P}{P - P_{нас}} \quad (1.8)$$

В основу цього виразу покладена формула Стефана з введенням в неї молекулярної маси (M) і обсягу (V_t), займаного молекул речовини.

При розгляді процесу випаровування обраних сумішей відзначається, що параметри випаровування будь-якого компонента в суміші повинні підкорятися формулі Стефана. У разі виконання закону Дальтона всі компоненти суміші повинні випаровуватися одночасно і незалежно один від одного, підкоряючись, кожен окремо формулою Стефана, а кількість випарувалася суміші має становити суму випарувалися компонентів

					НУЦЗУ.2.25-13-75.СХтаХТ. РПЗ-10	Лист
						13
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$V = 4 \left[K_1 \ln \frac{P}{P-P_1} + K_2 \ln \frac{P}{P-P_2} + \dots + K_n \ln \frac{P}{P-P_n} \right], \quad (1.9.)$$

де P_1, P_2, \dots, P_n - парціальний тиск парів окремих компонентів в суміші. Автори роблять висновки, що якщо випаровуванню піддаються рідини, що не змішуються, парціальні тиску рівні пружності насичених парів. У разі ідеальних розчинів парціальні тиску визначаються законом Рауля

$$P = P_1 X \quad (1.10.)$$

де X - молярное зміст компонентів в суміші.

В оглядовій інформації запропоновано наступний вираз для визначення інтенсивності випаровування:

$$\frac{dM}{d\tau} = Nu' DH \Delta C \quad (1.11)$$

де Nu' - дифузний критерій Нуссельта;

D - коефіцієнт молекулярної дифузії парів в повітрі, $m^2 \cdot s^{-1}$;

ΔC - різниця концентрацій пара речовини біля поверхні випаровування і в повітрі;

H - характерний розмір.

При цьому наголошується, що якщо в рівнянні (1.11) відомо значення Nu' , то є всі дані для кількісної оцінки інтенсивності випаровування будь-якої рідини.

З урахуванням певних припущень отримано вираз для інтенсивності випаровування

$$q = (Nu_1 + Nu_2) \frac{D \Delta P_m}{RTl} \quad (1.12.)$$

де T - середньоарифметична температура поверхні рідини і температури повітряного потоку;

l - характерний розмір;

R - універсальна газова стала.

					НУЦЗУ.2.25-13-75.СХтаХТ. РПЗ-10	Лист
						14
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Пчелинцев В.А. при розробці принципів категорювання виробництв за вибухопожежною і пожежною небезпекою досліджував процес випаровування спирту і ефіру в повітряному потоці і випаровування їх сумішей. Результати їх досліджень підтвердили можливість застосування зазначених вище співвідношень для практичних оцінок кількості випарувалася рідини.

Чаусов Ю.П. поряд з оцінкою площ протоки особливо небезпечних рідин на твердих поверхнях досліджував швидкість випаровування різних складів ацетону і метилетилкетону при варіюванні температурно-швидкісних режимів повітряного потоку. При випаровуванні рідин з різних площ встановлено, що значна зміна швидкості випаровування має місце при поверхні випаровування до 1 м². При площах понад 1 м² зміна інтенсивності випаровування ГР незначно. Тому в розрахунках рекомендується виходити з умови, що наведена швидкість випаровування з площ, що перевищують 1 м², дорівнює інтенсивності випаровування з площі, що дорівнює 1 м². У цьому випадку кількість рідини, що випаровується із заданою поверхні, має визначатися відношенням

$$G = m_w F \quad (1.13.)$$

де m_w - наведена швидкість випаровування;

F - площа випаровування.

Швидкість випаровування індивідуальної рідини приблизно оцінювалася за такою залежністю:

$$W = \eta K D t \frac{M}{V_l} P_o \quad (1.14.)$$

					<i>НУЦЗУ.2.25-13-75.СХтаХТ. РПЗ-10</i>	Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		15

$$D_t = D_0 \frac{273 + t}{273};$$

$$D_0 = \frac{0.8}{\sqrt{M}};$$

$$V_t = V_0(1 + \alpha t) \text{ см}^3;$$

$$V_0 = 22413 \text{ см}^3;$$

$$\alpha = 0.00367;$$

η - коефіцієнт переходу від вільного випаровування до випаровування рідини в рухомому повітряному потоці;

K - коефіцієнт, який приймається при площі випаровування більше 1 м² рівним 3,75;

D_t - коефіцієнт дифузії при заданій температурі повітря;

V_t - обсяг, займаний 1 молем пара рідини при температурі довкілля t , см³;

P_0 - тиск пари чистого розчинника.

Відомі результати дослідження швидкості випаровування ацетону, толуолу, ксилолу, розлитих у великих кількостях на поверхні бетонної підлоги площею 1, 5, 10 і 35 м². У цій роботі вивчалось також вплив швидкості руху повітря на зміну швидкості випаровування рідин. З експериментальних даних Чаусова Ю.П. випливає, що зі збільшенням температури і швидкості повітряного потоку над поверхнею рідини інтенсивність випаровування значно збільшується. Отримано залежності зміни швидкості випаровування рідин від площі випаровування.

Колективом вчених під керівництвом А.Я. Корольченко проведені дослідження інтенсивності випаровування неметалевих теплоносіїв. Найбільш повно і в систематизованому вигляді представлені математичні моделі визначення інтенсивності випаровування високотемпературних теплоносіїв, маси випаруваного теплоносія в часі і часу випаровування. В експериментальних дослідженнях з визначення інтенсивності випаровування і питомої маси випаруваного теплоносія вивчався вплив на них таких параметрів, як маса розлитого теплоносія, його температура, площа протоки, товщина шару рідини, що розлилася, рухливість

					НУЦЗУ.2.25-13-75.СХмХТ. РПЗ-10	Лист
						16
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

повітряного середовища і час випаровування. В результаті встановлено, що зі збільшенням температури і швидкості повітряного потоку над поверхнею рідини інтенсивність випаровування значно збільшується.

Таким чином, результати літературного огляду досліджень закономірностей розтікання і випаровування ПК на різних поверхнях показали, що забруднення атмосфери при аварійних розливах рідин без їхнього горіння визначається в більшій частині масою випарувалися парів.

При оцінці екологічного навантаження на атмосферу аварійного розливу ГР на відкритій території необхідно враховувати, що на процес випаровування впливає температурно-швидкісний режим повітряного потоку і площа розливу ГР. Причому зі збільшенням температури і швидкості повітряного потоку над поверхнею рідини інтенсивність випаровування значно збільшується.

У практичних розрахунках при оцінці екологічних наслідків випаровування горючих рідин при аварійному розтіканні рекомендується виходити з умови, що наведена швидкість випаровування з площ, що перевищують 1 м^2 , дорівнює інтенсивності випаровування з площі, що дорівнює 1 м^2 .

Зниження забруднення атмосфери при аварійних розливах горючих рідин без їхнього горіння можна досягти шляхом зменшення площі і інтенсивності випаровування.

1.1.2. Екологічні та соціально-економічні наслідки горіння рідин при аваріях технічних систем

Численні приклади розливів горючих рідин при аваріях технічних систем з подальшим горінням свідчать про значні екологічних і соціально-економічні наслідки для навколишнього середовища і суспільства в цілому. При аваріях відбувається забруднення атмосферного повітря і ґрунту, ґрунтових і поверхневих вод, загибель від вогню флори і фауни. Якщо врахувати, що забруднення

					<i>НУЦЗУ.2.25-13-75.СХмаХТ. РПЗ-10</i>	Лист
						17
<i>Зм</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

навколишнього середовища горючими рідинами при аваріях є масштабними, то руйнування місця існування живих організмів може призвести до незворотних змін в екосистемах лісів і ґрунтів на великих територіях.

Щорічно в світі в нафтопереробній промисловості в середньому відбувається більше 60 великих аварій. Більшість з них супроводжуються горінням нафти, мазуту, дизельного палива, бензину та інших нафтопродуктів і рідин. Тому захист від пожеж об'єктів цієї галузі промисловості слід надавати більшого значення, так як екологічні та соціально-економічні наслідки горіння рідин при аваріях технічних систем дуже великі.

У зв'язку з цим, в сучасних умовах перед суспільством стоїть завдання не тільки вміти ліквідувати горіння ГР в максимально короткі терміни, але і запобігти або зменшити забруднення і руйнування природного середовища.

Статистичні дані аварій технічних систем з ГР

свідчать про те, що найбільша їх кількість відбувається в галузях пов'язаних з видобутком, транспортуванням і переробкою нафти і нафтопродуктів. Найбільш аварійними вважаються технологічні трубопроводи, потім слідують насосні станції, ємнісні апарати, ректифікаційні колони, резервуарні парки [7].

Проведемо аналіз екологічних та соціально-економічних наслідків горіння рідин у зазначеній вище послідовності, тобто з урахуванням частоти аварій технічних систем.

Як уже зазначалося, об'єкти, пов'язані з видобутком, транспортуванням, переробкою нафти і нафтопродуктів є потенційними джерелами забруднення навколишнього середовища (НС).

До 10% видобутої нафти у світі втрачається при аваріях і, отже, в НС потрапляють мільйони тон ГР. Частина її потрапляє на ґрунт і водойми, а інша випаровується в атмосферу [35]. Найчастіше аварії, пов'язані з розливом горючих рідин, супроводжуються їх горінням. З огляду на те, що забруднення атмосфери

					НУЦЗУ.2.25-13-75.СХмаХТ. РПЗ-10	<i>Лист</i>
						18
<i>Зм</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

відбувається також при горінні нафти і нафтопродуктів під час пожеж, то загальну величину викидів можна оцінити десятками мільйонів тон на рік.

Аварії з розливом ГР на ґрунт створюють загрозу існуванню екосистем суші. Причини цієї небезпеки пов'язані з токсичними властивостями горючих рідин і продуктів їх розпаду, зміною фізико-хімічних властивостей середовища проживання живих організмів, до яких вони завжди можуть адаптуватися (кисневий, тепловий режим і т.п.).

Німецькі дослідники відзначають, що при горінні сирової нафти на свердловинах утворюється близько 20000 речовин. Сира нафта і все нафтопродукти при горінні утворюють оксиди азоту, сірки, вуглецю, альдегіди і сажу.

Є роботи, в яких розглядаються питання горіння різних нафтопродуктів на поверхні води, ґрунту і в резервуарах. Це має місце при видобутку і первинної обробки сирової нафти.

Масова і лінійна швидкість вигорання і швидкість поширення полум'я по шару ГР на водній поверхні залежать від товщини плівки і від температури нафтопродукту, чим вона більша, тим вище швидкість вигорання [35]. Встановлено, що товщина плівки нафтопродуктів на поверхні води впливає на її вигорання. Так, при товщині плівки нафти на поверхні води близько 2-3 мм вона вигорає до 50%, а при товщині 20 мм до 95%.

Ісаєва Л.К. в роботах [31, 32, 33, 35, 36, 38, 39] наводить ряд даних про горіння нафти і нафтопродуктів на воді. Нею встановлено, що при горінні великих розливів нафти закономірності горіння не завжди збігаються з лабораторними дослідженнями. Слід звернути увагу на те, що при горінні нафтопродуктів на поверхні води утворюється багато диму, в якому велика частка сажистих частинок. При випалюванні розливів бензину утворюються більш токсичні конденсовані залишки, ніж у випадку з гасом і дизельним паливом. Спалювання гасу і дизельного палива в цьому відношенні більш безпечно, але в порівнянні з бензином при їх горінні виділяється більше диму.

					<i>НУЦЗУ.2.25-13-75.СХмаХТ. РПЗ-10</i>	Лист
						19
<i>Зм</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Дослідженнями Блінова В.І., Худякова Г.Н. [13] встановлено, що нафта здатна горіти в резервуарах при вологості менше 10%, в тому числі при вологості менше 0,6-0,7%. При товщині нафтової плівки 1 - 10 см, розлитої на шар води, спостерігається явище скипання. Інтенсивність закипання збільшується з ростом товщини шару сирової нафти.

Вивчення горіння нафтопродуктів на середовищах, що імітують ґрунт, має практичний інтерес у зв'язку з можливими пожежами розлитої і випалюваної ГР при аварійних розливах. Слід зазначити, що досліджень по горінню нафтопродуктів на твердих поверхнях проведено мало.

Із зарубіжних досліджень слід виділити результати японських вчених. Ними виявлено, що якщо шар гасу в ємності, заповнений скляними кульками, має товщину більше 1 мм, то горіння відбувалося, як і у гасу, налитого в металевий резервуар. При менших товщинах плівки нафтопродукту процес горіння регулюється теплофізичними властивостями підстильної підкладки, так як швидкість горіння залежить від теплопередачі між рідкої і твердої фазою. При 23 температурах нижче температури спалаху ГР поширення полум'я визначається інтенсивністю теплопередачі розділу «плівка скляні кульки». Японські дослідники також використовували скляні кульки з діаметром 0,1; 0,4 і 0,6 мм в якості моделі ґрунтів, на яких розлиті інші ГР (декан, октан). Було показано, що щільність теплового потоку росте прямо пропорційно кореню квадратному від часу, протягом якого відбувається горіння. Відповідно до цього швидкість горіння залежить від температури підстильної поверхні (скляних кульок). Для октану вона становить 24°C. Таким об'язом, якщо температура скляних кульок лежить між температурою спалаху і температурою ГР, забезпечує стехіометричний склад пароповітряної суміші, то діаметр частинок, їх теплопровідність і інші чинники впливають на процес горіння. На підставі даних, по горінню октану на підкладці з скляних кульок японськими дослідниками знайдено, що швидкість поширення полум'я при 21°C дорівнює 0,01 м/с, тоді як на чистому Н-октані становить 0,4 м/с. Швидкість

					<i>НУЦЗУ.2.25-13-75.СХмаХТ. РПЗ-10</i>	<i>Лист</i>
						20
<i>Зм</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

поширення полум'я і вигорання нафтопродуктів при розливі в різних природних середовищах повинна залежати від товщини плівки ГР і теплофізичних властивостей підстильної поверхні. Чим менше проводить тепло «підкладка», тим швидкість горіння вище. Чим вище теплоємність підстильної поверхні, тим швидкість горіння нафтопродуктів нижче [35].

У різних країнах частота пожеж при транспортуванні нафти і нафтопродуктів за окремими видами транспорту різна. Так, в Німеччині нафтопродукти перевозяться в основному автомобільним транспортом, відповідно частіше пожежі трапляються на автомобілях. У Росії 75% вантажоперевезень нафтопродуктів відбувається залізницею і 10% нафтопродуктів, вироблених на НПЗ по трубопроводах. З урахуванням протяжності трубопровідного транспорту частота аварій, пожеж і вибухів, на ньому не нижче, ніж на залізничному [35].

Великі негативні наслідки на навколишнє середовище можуть надавати аварії залізничного транспорту. Так, при руйнування, пробіоїнах і перекиданні декількох цистерн з ГР може відбуватися розлиття нафтопродуктів на площі до 10000 - 15000 м². Внаслідок таких аварій відбувається потрапляння нафтопродуктів в зливову каналізацію і на ґрунт. За рахунок поширення полум'я по дзеркалу рідини в горіння залучаються об'єкти, що знаходяться на шляху вогню.

Найбільш часто відбуваються аварії на об'єктах пов'язаних зі зверненням сирової нафти, дизельного палива, бензину. Сира нафта являє складну суміш органічних сполук, що містить численні гетероорганічні з'єднання, в тому числі широкі фракції вуглеводнів, що відрізняються один від одного межами початку і кінця кипіння. Значення цього важливого показника для оцінки екологічних наслідків аварійного розливу ГР наведені в табл. 1.1 [14].

Перераховані в табл. 1 нафтові фракції, отримані при перекачуванні, містять різні класи вуглеводнів і гетероорганічних з'єднань. Це, перш за все, пов'язано з тим, що склад нафти різних родовищ неоднаковий. У легкої нафти (щільністю менше 0,82) міститься більше бензинових фракцій і мало смоли і сірки. У важкій 25 нафти

					<i>НУЦЗУ.2.25-13-75.СХтаХТ. РПЗ-10</i>	Лист
						21
<i>Зм</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

(щільністю більше 0,88) знаходиться багато смол. З них отримують бітуми. Чим менше щільність нафти, тим вище в ній міститься низькокиплячих фракцій. У поєднанні з іншими фізико-хімічними методами по щільності нафтопродуктів можна визначити їх вуглеводневий склад [14]. До складу бензинових, газових і мазутних фракцій російської нафти входять арени, циклоалкани, алкани.

Таблиця 1.1

Температури кипіння нафтопродуктів

Нафтові фракції	Інтервал температур початку та кінця кипіння, °С
Бензинова	140 (кінець кипіння)
Лігроїнова	140-180
Газова	180-240 (140-220)
Дизельна	240-350 (180-350)
Мазут	Більше 350
Вакуумний газойль	350-500
Гудрон	Більше 500

Склад нафтових фракцій дозволяє припустити, що при горінні найбільш токсичних сполук будуть утворюватися у висококиплячих фракцій, мають велику щільність. Отже, важкі нафтопродукти більш токсичні.

Більше 75% всіх аварій на нафтопереробних заводах (НПЗ) становлять вибухи і пожежі нафтопродуктів, витоку вибухонебезпечних, легкозаймистих токсичних речовин [35]. Найбільші пожежі нафти і нафтопродуктів відбуваються в резервуарних парках, тобто в місцях їх зберігання, де зосереджені найбільшу кількість горючих рідин. В роботі [10] наведено аналіз пожеж сталися в нафтових резервуарах. На території колишнього СРСР за вісімдесяті - дев'яності роки зареєстровано 243 пожежі. Статистичні дані показують, що більш ніж в 50 випадках

					НУЦЗУ.2.25-13-75.СХтаХТ. РПЗ-10	<i>Лист</i>
<i>Зм</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		22

відбувалося повне руйнування резервуарів, в зв'язку, з чим даний варіант розвитку пожежі можна виділити як найбільш катастрофічний для навколишнього середовища.

Оцінку екологічних та соціально-економічних наслідків горіння рідин при аваріях різних технічних систем можна провести на нижче наступних прикладах.

Дуже небезпечний з екологічної точки зору була пожежа в підземному сховищі нафти в Луїзіані (США), там із землі бив нафтовий фонтан висотою 972 м. Пожежу вдалося загасити лише через 6 днів. На поверхню найближчого озера було викинуто 8000 - 10000 м³ нафти, з яких зібрані тільки 4500 м. До перелічених вище небезпекам подібних пожеж додалося забруднення поверхневих вод [35].

Показовим є по серйозних екологічних наслідків пожежа на ставку-відстійнику глибиною 2 м, в якому протягом 30 років скупчувалися відходи виробництва нафтопереробного заводу «ЛУКОЙЛ» в Волгограді. Горіння тривало більше 10 днів. Загальна площа пожежі становила 2500 м. Місце пожежі знаходилося в 7 км від міста, але все місто був затягнутий клубами чорно-коричневого диму. У віддалених районах міста гранично допустимі концентрації оксидів азоту, вуглецю, сажі перевищувало норму в десятки разів. Був відзначений ріст звернень жителів міста в поліклініку зі скаргами на головні і серцеві болі, утруднення дихання [35]. Можна припустити, що наслідки цього пожежі для людей проявляться і в майбутньому.

Складний і затяжний пожежа в результат викидів стався на сировинній базі «Кара - Дере» Батумського НПЗ [12]. Пінні атаки успіху не мали, через 18 годин 10 хвилин з резервуара РВС-5000 стався викид нафти на висоту 50-70 м. Поривами сильного вітру палаючий нафтопродукт був віднесений на відстані 200 метрів від резервуара, і площа пожежі склала 5 га. Палаюча нафта розтілася по ухилу дороги в напрямку турбази, житлового масиву і залізничного полотна, де стояли цистерни з нафтою. Вогнем була охоплена частина території резервуарного парку, запалилися два манифольда, резервуар РВС-5000, в якому зберігалася суміш нафти з пастковим

					<i>НУЦЗУ.2.25-13-75.СХмаХТ. РПЗ-10</i>	<i>Лист</i>
						23
<i>Зм</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

продуктом, підсобне приміщення парникового господарства, територія гаража, поливальні майстерні, бар турбази, два складські приміщення, дві легкові автомашини, три пожежні автоцистерни, автоматичний колінчастий підйомник і пожежно технічні озброєння (ПТО). Особовий склад пожежної охорони змушений був покинути бойові позиції. Після другого потужного викиду, через 24 години 45 хвилин з резервуара РВК-7000, в якому зберігалася суміш нафти з пастковим продуктом, в зоні вогню виявився резервуар РВС-5000 з товарної нафтою. Висока температура призвела до розриву підвідного трубопроводу, потім відбулося кілька ударів в резервуарі, обрушилася дах, і горіння поширилося по всій площі резервуара. Приступити до його ліквідації вдалося тільки через 20 годин після викиду. Для ліквідації аварії було залучено 50 одиниць основної та спеціальної пожежної техніки та народного господарства, доставлено 150 тон піноутворювача.

При пожежі на Чімкентском НПЗ через 19 ч. 30 хв. стався викид пастковий нафти, яка розтілася по всій території резервуарного парку. У зоні вогню виявилися сусідні резервуари, виникло горіння на вентиляційних патрубках двох сусідніх резервуарів, запалав нафтопродукт в коморі, сім співробітників пожежної охорони отримали опіки різного ступеня тяжкості (один з них помер у лікарні). Через 10 хвилин після викиду нафтопродукту внаслідок впливу теплового випромінювання в одному з цих резервуарів стався вибух пароповітряної суміші з підривом даху і розповсюдженням вогню по поверхні мазуту, що зберігався в ньому. інтенсивне горіння нафтопродукту в обвалуванні викликало деформацію і обвалення маршових сходів на чотирьох резервуарах. Ліквідація горіння після викиду тривало протягом 15 годин. Були залучені сили і засоби з інших гарнізонів пожежної охорони, залучено техніку народного господарства для засипки проток і створення загороджувальних валів, доставлено близько 170 тон піноутворювача [12].

У книзі М.В. Бесчастного [12] описані численні аварії з викидом небезпечних продуктів на різних підприємствах. При розгерметизації, в приміщенні цеху, на відкриті площадки або в обвалування може вилитися значна кількість горючої

					<i>НУЦЗУ.2.25-13-75.СХмаХТ. РПЗ-10</i>	<i>Лист</i>
						24
<i>Зм</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

рідини, випаровування якої супроводжується утворенням вибухонебезпечної хмари, тим самим, створивши передумови для виникнення складної пожежі. Найчастіше аварії з викидом горючих рідин можуть бути результатом самої пожежі. Так, на ректифікаційної установки по розділенню нафтопродуктів були допущені відхилення від заданих параметрів технологічного процесу по температурі, дозуванні сировини і рівню рідини в апаратах. В результаті тиск всередині ректифікаційної колони досягло 1,5 МПа. Спрацював запобіжний клапан, і через нього велику кількість нагрітого вуглецевої сировини було викинуто на майданчик. Утворене в результаті випаровування газова хмара samozapalivshisya від нагрітих частин технологічної установки. Пожежа привів до значного соціально-економічним збитком.

На заводі з виробництва синтетичного каучуку стався вибух парів ізопентану, що викликав руйнування виробничого корпусу і знаходився в ньому обладнання [12]. Аварія розвивалася наступним чином. Обслуговуючим персоналом цеху була змінена конструкція сальникового ущільнення на апаратах відгону ізопентану (полімеризатора). Відгінний апарат мав, обсяг 50 м³ в процесі роботи в ньому знаходилася суміш, яка містить 12% полімеру і 88% розчинника. Розчинник складався в основному з ізопентану. Відгонка розчинника здійснювалася гострою парою. Регулюванням матеріальних потоків і кількості подачі теплоносія в першому ступені установки підтримувалося тиском 0,2 МПа і температура 96 - 110°C у другій - відповідно тиск 0,04 МПа і температура 95 - 102°C. Зміна конструкції сальникового ущільнювача призвело до швидкого його зносу. Через ущільнення під надлишковим тиском нагрітий розчин вийшов в приміщення цеху. Протягом нетривалого часу утворилося вибухонебезпечне хмара, і стався вибух.

У роботах [13] наводяться результати і теоретичні висновки численних досліджень поширення і трансформації продуктів горіння при пожежах на підприємствах нафтохімії методом математичного моделювання.

					<i>НУЦЗУ.2.25-13-75.СХмаХТ. РПЗ-10</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		25

Вченими розроблена і вирішена в аналітичному вигляді задача дифузії парів рідини при різних станах атмосфери. Чисельна реалізація задачі на ЕОМ дозволила оперативно отримати прогноз хімічної обстановки при пожежі з протокою токсичних речовин і, отже швидко визначити місця безпечної розстановки особового складу підрозділів ОРС ЦЗ і розгортання бойової техніки в районі аварійної ситуації, а також забезпечити підтримку прийняття рішень при ліквідації горіння.

Показано, що досить складні процеси поширення пасивної домішки, що викидається в атмосферу в результаті пожеж на об'єктах нафтохімічного виробництва, якісно правильно описуються за допомогою математичної моделі. При наявності великомасштабного прогнозу погоди, в разі пожежі на об'єктах нафтохімії модель дозволяє дати прогноз поширення хмари домішки для оцінки екологічної обстановки в даному районі.

У випадках ненавмисних пожеж та очищення ґрунтів шляхом спалювання ГР небезпеку для навколишнього середовища представляють токсичні продукти горіння. У зв'язку з цим необхідно дати оцінку екологічних наслідків вторинного забруднення при осадженні їх на ґрунт і водні об'єкти.

Діючі в багатьох країнах обмеження на спалювання нафтопродуктів, при аварійному розливі пов'язані з оцінкою реальної небезпеки, яку може представляти дим і залишки нафтопродуктів у воді, не кажучи вже про теплову дію на екосистеми поверхневого шару водних басейнів [19].

Важливими екологічними показниками речовин і матеріалів є гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі і в ґрунті. Для забезпечення екологічної безпеки в разі випалювання нафтопродуктів при аварійних розливах має розмір димових частинок, що пов'язано з умовами горіння, швидкістю вітру і т.д. В середньому розмір сажистих частинок в продуктах горіння палив становить 1-40 мкм, а іноді досягає 1000 - 1300 мкм (важкі мазути).

					<i>НУЦЗУ.2.25-13-75.СХмаХТ. РПЗ-10</i>	<i>Лист</i>
						26
<i>Зм</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Зміни розміру часток сажі, їх укрупнення відбувається не в зоні освіти - між поверхнею ГР і зоною полум'я, а за зоною горіння. Температура полум'я, конвективний підйом частинок, погодні умови (вітер, дощ) сприяє розсіюванню диму [35].

Проводячи оцінку екологічних наслідків горіння розлитих нафтопродуктів, необхідно відзначити, що продукти горіння в повітрі менш небезпечні, ніж ГР і конденсовані продукти горіння в ґрунті, з огляду на те, що часи життя токсикантів в атмосфері і ґрунті дещо інші. Більше 40% продуктів горіння мають малий час життя в атмосфері 15,5 годин, пропан - 7 днів, діоксид сірки - 5 днів. Тільки 25% продуктів горіння (оксиди вуглецю, азоту та ін.) Мають більш тривалий час життя в атмосфері - місяці [35].

В даний час проводять роботи, спрямовані на визначення параметрів застосування сорбентів, що дозволяють ліквідувати аварійні ситуації з розливами горючих і токсичних рідин. Показано, що для ліквідації розливів нафтопродуктів використовується близько 200 різних сорбентів. Проводиться класифікація та основні характеристики сорбентів. Зазначені характеристики повинні враховуватися при виборі сорбенту. Природним є вимоги, що б сорбент при зберіганні був пожежовибухобезпечним.

Соціально-економічні наслідки горіння ГР пов'язані з тим, що в атмосферне повітря потрапляє значна кількість токсичних і шкідливих речовин, а отже, здоров'ю учасників ліквідації аварії та населенню може бути заподіяно шкоду. Небезпека може бути усвідомлена не відразу, так як здебільшого не призводить до гострого отруєння або загибелі людей. Так, нічого не відомо про здоров'я людей після пожежі двох резервуарів з сирою нафтою на нафтоперегінному заводі в Батумі, хоча димова хмара заволокло все місто [35]. З урахуванням того, що під час пожежі згоріло 15000 - 18000 тон сирої нафти, в атмосферу потрапило не менше 100 тон сажі, що містить токсичні і канцерогенні речовини.

					<i>НУЦЗУ.2.25-13-75.СХмаХТ. РПЗ-10</i>	<i>Лист</i>
						27
<i>Зм</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Таким чином, екологічні та соціально-економічні наслідки горіння рідин при аваріях технічних систем з розливом ГР призводить до викидів в атмосферу великих кількостей токсичних продуктів горіння, потужного теплового випромінювання, руйнування об'єктів техносфери і пошкодженням природного середовища під час вибухів. захист від аварій технічних систем з ГР надається велике значення, так як наведені приклади горіння нафти і нафтопродуктів свідчать в ряді випадків про катастрофічні розміри заподіяних збитків екологічного, соціального, економічного.

1.2. Механізм ліквідації горіння рідин піною і основні характеристики піноутворюючих складів

Піна є найбільш ефективним засобом гасіння пожеж горючих рідин. Залежно від специфіки об'єкта, що захищається використовуються піни різної кратності з різних піноутворюючих складів [5, 15].

Вперше застосування піни в якості засобу гасіння полум'я палаючих нафтопродуктів було запропоновано російським інженером А.Г. Лораном в 1904 р. Їм була запропонована рецептура піноутворювача - водні розчини сірчанокислового алюмінію і бікарбонату натрію з добавкою солодкового екстракту або сапоніни. Піна, що отримується шляхом розчинення у воді піногенераторного порошку, отримала назву - хімічної. Вона володіла хорошими вогнегасними властивостями, мала високу стійкість на поверхні нагрітого нафтопродукту, добре розтікалася по поверхні палаючої рідини, утворюючи щільний пінний покрив. Спосіб гасіння полум'я палаючих нафтопродуктів хімічної піною надійно служив понад півстоліття. Однак проведені пізніше вогневі дослідження з гасіння сирової нафти на великих резервуарах (площа горіння 2000 м) показали, що гасіння полум'я на великих площах хімічної піною вимагає зосередження величезних кількостей піногенераторного порошку і потужної спеціальної техніки, що на практиці є завданням важко здійсненною. В результаті хімічна піна в даний час втратила своє

					НУЦЗУ.2.25-13-75.СХтаХТ. РПЗ-10	<i>Лист</i>
						28
<i>Зм</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

значення, як вогнегасна засіб для гасіння полум'я нафтопродуктів. Для цих цілей стала застосовуватися повітряно-механічна піна (ПМП).

Для вдосконалення систем гасіння нафтопродуктів необхідно знати механізм ліквідації горіння рідин піною. У літературі є ряд робіт, присвячених вивченню цього питання. Так, Б.Г. Тідеман і Д.Б. Сукборській вважали, що піна гасить полум'я тому, що вона припиняє доступ повітря до палаючої поверхні рідини. Л.Л. Богданов припускав, що горіння рідини припиняється через те, що шар піни перешкоджає притоку тепла до її поверхні, а механізм вогнегасної дії піни полягає в теплоізоляції. Худяков Г.Н. провівши великі експериментальні роботи, показав, що вирішальним фактором у вогнегасної дії піни є її здатність гальмувати випаровування горючої рідини, тобто не дозволяти переходити рідини в пароподібний стан з одночасним сильним охолодженням верхнього шару рідини. Ці висновки Худякова Г.Н. були багаторазово підтверджені дослідями В.П. Лосєва, М.Б. Казакова, В.І. Блінова і іншими вченими [13].

Експериментальні дослідження В.П. Лосєва і М.Б. Казакова на гасі, дизельному паливі і бензині показали, що в початковий момент гасіння, тобто в перші 20 секунд після подачі піни різко знижується температура на поверхні горючої рідини. В результаті такого охолодження сильно знижується пружність пара рідини, тобто не менш ніж у 15 разів. Це охолодження поверхні палаючої рідини відіграє важливу роль при гасінні її піною. Але ще більшою мірою припинення горіння обумовлюється гальмуванням випаровування рідини піною. Процес гальмування випаровування рідини шаром піни вивчався В.І. Блінова і Г.Н. Худякова. У своїх дослідях автори проводили вимірювання швидкості випаровування рідини при кімнатній температурі без піни і з шаром піни.

Швидкість випаровування рідини під час досвіду спочатку кілька підвищувалася, а потім лишалася незмінною до нанесення піни. Після нанесення піни швидкість випаровування різко зменшувалася, а температура рідини трохи підвищувалася [13]. Результати літературного огляду показали, що на сучасному

					НУЦЗУ.2.25-13-75.СХтаХТ. РПЗ-10	Лист
						29
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

етапі одним з перспективних способів зниження інтенсивності випаровування ГР і ліквідації горіння паро-повітряної суміші є застосування ВМП. Дослідженням застосування пен для ліквідації горіння індивідуальних речовин і нафтопродуктів займалися Аксьонов В.П., Астапов А.Н., Бегішев І.Р., Безрідних І.Ф., Білкун Д.Г., Бяков А.В., Билінкін В. А., Власов А.Г., Власенко І.Г., Волков О.М., Грачов А.В., Гілетіч А.Н., Гілетіч В.А., [1, 2, 4, 21, 31], а також Дубков П.Ф., Крилов О.В., Кокорєв О.В., Лобода М.В., Лоран А.Г., Меркулов В.А., Меркулов В.А., Молчанов В.П., Пешков В.В., Ремізов Ю.В., Сотников Н.В., Теплов Г.С., Троян М.Д., Шароварников А.Ф., Швирков А.В.М. та інші. Ними встановлено, що горіння ГР відбувається в паровій фазі при наявності і доступі кисню повітря. Для припинення горіння досить виключити доступ в зону реакції одного з компонентів - пального або окислювача, або відокремити ці компоненти просторово. Застосування піни дозволяє знизити швидкість випаровування за рахунок створення механічної перепони для дифузійного і конвективного виносу парів в зону горіння. При цьому механізм гасіння ГР багато в чому визначається природою пального, складом і властивостями компонентів піноутворювача, структурою піни і способом її подачі в зону горіння. Відзначається, що ВМП не здатна протягом тривалого часу створювати механічну перешкоду для виносу парів ГР в атмосферу і запобігати можливості виникнення горіння.

Вченими обґрунтовано використання водопінних засобів на основі піноутворювачів цільового призначення на об'єктах зберігання і знищення хімічної зброї. Розглянуто піноутворювачі, які можуть застосовуватися для гасіння пожеж на розглянутих об'єктах. Показано, що доцільно використовувати піноутворювачі «Універсальний» і «Форетол». Крім того, пропонується спеціально для цих цілей розроблений пінний вкриваючий, дегазуючий вогнегасний склад. (ПВДВС), який здатний одночасно з ліквідацією горіння ізолювати протоку ГР і знизити рівень зараженості поверхонь.

					<i>НУЦЗУ.2.25-13-75.СХтаХТ. РПЗ-10</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		30

Слід зазначити результати дослідження можливості застосування різних добавок піноутворюючих складів для ліквідації горіння, ізоляції та хімічної дезактивації витоків екологічно небезпечних рідин. В роботі [5] показано, що додавання в піну дегазатором підвищує її ізолюючу здатність. В ході роботи були досліджені низьократною піни, отримані на подрібнювачі тканин РТ-1 з водних розчинів ПАР різної природи. Піноутворюючі властивості складів з добавками оцінювалися по кратності і стійкості піни. Лабораторні дані перевірялися в умовах полігону на пожежному устаткуванні.

Оскільки різні піни відрізняються один від одного своїми фізико-хімічними властивостями, ефект гасіння полум'я рідини буде теж різним. Для того щоб порівняти піни по їх вогнегасної ефективності необхідно визначити цей об'єктивний показник, який прийнято називати інтенсивністю подачі. Він розраховується як секундний витрата розчину піноутворювача, віднесений до одиниці площі палаючої рідини [30]. Дослідами встановлено, що при малих інтенсивностях подачі піни гасіння полум'я або взагалі не настає, або час гасіння стає дуже великим. Зі збільшенням інтенсивності подачі піни час гасіння полум'я спочатку швидко, а потім повільно скорочується. При цьому зменшується також сумарний витрата піноутворювача на гасіння пожежі. Однак при подальшому збільшенні інтенсивності подачі піни час гасіння скорочується не суттєво, а сумарний витрата піноутворювача знову збільшується. Для кожного виду піноутворювача і для кожного виду горючої рідини існує оптимальна інтенсивність подачі піни, при якій час гасіння і сумарний витрата піноутворювача виявляються мінімальними. Критична інтенсивність подачі розчину піноутворювача визначається стійкістю, кратністю і ізолюючою здатністю піни.

Під стійкістю піни розуміється її здатність зберігати параметри вихідної структури. Кількісно стійкість піни визначають часом, протягом якого з піни надається певна кількість рідини, з якої вона отримана. Відомо, що стійкість піни

					<i>НУЦЗУ.2.25-13-75.СХтаХТ. РПЗ-10</i>	<i>Лист</i>
						31
<i>Зм</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

залежить від виду піноутворювача, його концентрації в розчині, від структури і кратності піни.

Розрізняють такі показники, що характеризують стійкість піни:

1. Стійкість об'єму піни - характеризується часом руйнування 25% від початкового об'єму.

2. Стійкість до зневоднення (синерезису) - характеризується часом виділення з піни 50% рідини.

3. Стійкість структурна - характеризується часом зміни середнього діаметра бульбашок на 25% від початкової величини.

4. Контактна стійкість піни на поверхні полярних ГР - характеризується часом повного руйнування піни.

5. Термічна стійкість - характеризується часом руйнування всього обсягу піни під дією теплового потоку від факела полум'я.

6. Стійкість ізолюючого дії - характеризується часом, протягом якого шар піни перешкоджає запаленню рідини відкритим джерелом полум'я.

В даний час вивчені причини контактного і теплового руйнування піни, якими є десорбція молекул ПАР піноутворювача. При контакті піни з органічними водорозчинними ГР в каналах піни утворюється змішаний розчин, в якому молекули піноутворювача добре розчинні. В такому розчиннику не утворюється міцел, оскільки розчини є істинними, молекулярними, тобто молекули НЕ адсорбуються на кордоні «розчин - повітря». У той же час в літературі немає ні теоретичних, ні досить повних даних, які могли б встановити точну залежність стійкості піни від її кратності і структури.

Характер і швидкість руйнування піни при гасінні полум'я істотно відрізняються від процесу мимовільного руйнування на повітрі, коли піна знаходиться в середовищі з нормальною температурою. Швидкість руйнування піни значно зростає при зовнішніх впливах, особливо від температурного впливу, коли при гасінні вона проходить через нагріті газу і стикається з розпеченими

					НУЦЗУ.2.25-13-75.СХтаХТ. РПЗ-10	Лист
						32
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

конструкціями. Крім того, руйнівню на піну діють фізико-хімічні процеси, що виникають при зіткненні піни з рідиною, що горить. Взагалі фактори, що визначають стійкість піни під час гасіння полум'я, настільки численні і різноманітні, що врахувати їх практично не можливо. Це пояснюється відсутністю методики визначення стійкості піни, що враховують реальні умови гасіння. Наявні стандартні методики визначення стійкості піни служать тільки для порівняльної оцінки якості пін, одержуваних з різних піноутворювачів.

Стійкість піни, яка визначається різними способами, не є мірою вогнегасної ефективності. Оскільки щоб піна погасила полум'я, вона повинна покрити поверхню, що горить шаром певної товщини і якийсь час перебувати на поверхні рідини, а це значить, що вона повинна бути досить стійкою. Вивченню стійкості пін на поверхні ГР в сучасній науці присвячено багато робіт, з них можна виділити дослідження [9, 29].

Важливою вогнегасною характеристикою піни є її кратність, що визначається відношенням обсягу піни до обсягу рідини, з якого вона отримана:

$$K = \frac{V_p}{V_{ж}} \quad , \quad (1.15)$$

де V_p - обсяг піни; $V_{ж}$ - обсяг рідини.

Залежно від величини кратності, піни поділяють на 4 групи: піноемульсії ($K < 3$); нізкократної піни ($3 < K < 20$); піни середньої кратності ($20 < K < 200$); піни високої кратності ($K > 200$).

У роботах викладені результати дослідження застосування пін різної кратності для ліквідації горіння ГР.

Одним з основних властивостей, які характеризують піну поряд з кратністю і стійкістю, є ізолююча здатність. Це властивість має особливе значення при визначенні придатності тієї чи іншої піни для гасіння полум'я легкозаймистих і горючих рідин.

					<i>НУЦЗУ.2.25-13-75.СХтаХТ. РПЗ-10</i>	<i>Лист</i>
						33
<i>Зм</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Ізолюючі властивості піни характеризуються здатністю перешкоджати випаровуванню ГР, яку вона покриває. Чисельно ізолює здатність виражається часом, протягом якого пари рідини проходять через певний шар піни і утворюють над ним пароповітряну суміш, займисту від джерела запалювання. Ізолююча здатність пін визначається за стандартною методикою, яка дозволяє зробити тільки порівняльну оцінку якості пін, одержуваних з різних піноутворювачів [20].

Для отримання піни використовуються піноутворювачі, що представляють собою водні розчини ПАР та інших стабілізаторів. Піноутворювачі класифікують за хімічним складом (способу отримання) і експлуатаційними характеристиками.

До екологічних показників відносять здатність розкладатися під дією мікрофлори водойм і ґрунтів. За цим показником піноутворювачі діляться на біологічно «м'які» та біологічно «жорсткі». Види і якість піноутворювачів забезпечують необхідний технічний рівень при боротьбі з пожежами, визначаються державними і міжнародними документами [20]. В міжнародному стандарті ІСО 7203 в якості основних обрані синтетичні, протеїнові, фторпротеїнові піноутворювачі, а також плівкоутворюючі синтетичні піноутворювачі, стійкі до дії спиртів і інших полярних (водорозчинних) рідин.

До синтетичних піноутворювачам віднесені піноутворювачі, що містять отримані в результаті синтезу вуглеводневі ПАР. До них також віднесені піноутворювачі, що містять суміш синтетичних вуглеводневих і фторвмісних ПАР.

До протеїнових піноутворювачей віднесені піноутворювачі, що містять в якості ПАР продукти гідролізу білкових речовин. Фторпротеїнові піноутворювачі відрізняються від протеїнових додатковим вмістом синтетичних фторованих ПАР.

Плівкоутворювальні піноутворювачі (як синтетичні, так і фторопропротеїнові) виділені в окремий клас піноутворювачів, так як володіють підвищеною стійкістю до повторного займання через утворення плівки на поверхні вуглеводневого палива.

					<i>НУЦЗУ.2.25-13-75.СХмаХТ. РПЗ-10</i>	<i>Лист</i>
						34
<i>Зм</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Всі інші піноутворювачі виготовляються на основі синтетичних і протеїнових піноутворювачів. Їх остаточний склад залежить від умов застосування, виду пального.

У ГОСТ Р 50588 - 93 піноутворювачі також класифікуються залежно від застосування і хімічного складу. Однак в Стандарт не введені малоефективні і не випускаються промисловістю України протеїнові піноутворювачі, а синтетичні розділені на вуглеводневі і фтор. При цьому встановлено, що всі фторвмісні піноутворювачі повинні бути плівкоутворюючими. Ці піноутворювачі прості за складом і технології виготовлення, відносно дешеві. Цей документ розділяє піноутворювачі на загального та спеціального призначення. Піноутворювачі спеціального призначення використовуються для гасіння полярних ГР, таких як ацетон або етиловий спирт. Фторвмісні піноутворювачі також відносяться до групи спеціальних і розроблялися в першу чергу для гасіння пожеж низькомолекулярних спиртів.

Вітчизняні піноутворювачі, такі як ПО-1, ПО-1Д і ПО-6І відносяться до категорії біологічно «жорсткі», тому їх виробництво було припинено. Біологічно "м'які" вуглеводневі піноутворювачі, типу ПО-ЗА (ПО-ЗАІ), ПО-ЗНП, «Сампо», ТЕАС (ПО-6ТС) і їх аналогії випускаються в невеликій кількості і, як показала практика, недостатньо ефективні при гасінні пожеж ГР. Найбільш перспективними є піноутворювачі на основі фторсинтетичні ПАР, піни, на основі яких здатні формувати водні плівки, які мимовільно розтікаються по нафті і нафтопродуктах. Ці піноутворювачі отримали загальну назву - водні плівкоутворювальні піноутворювачі. До цієї групи належать вітчизняні склади: «підшарового», «Форетол», «Універсальний».

Стандарт ІСО [27] виділяє наступні групи піноутворювачів за призначенням в залежності від природи пального, властивостей піни і способів її застосування:

- піноутворювачі для гасіння вуглеводнів подачею зверху піни низької кратності (до 20);

					<i>НУЦЗУ.2.25-13-75.СХмаХТ. РПЗ-10</i>	<i>Лист</i>
						35
<i>Зм</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

- піноутворювачі для гасіння вуглеводнів подачею піни низької кратності під шар пального;

- піноутворювачі для гасіння пожеж піною середньої кратності (20-200);

- піноутворювачі для об'ємного гасіння пожеж піною високої кратності (більше 200);

- піноутворювачі для гасіння пожеж полярних і горючих водорозчинних рідин.

На сучасному етапі удосконалюються способи і методи запобігання горіння ГР. Одним з перспективних способів, що забезпечують тривалу ізоляцію поверхні випаровування пролитої горючої рідини і попередження займання її парів, є застосування швидкотвердіючої піни (ШТП) низької кратності. Піна здатна мимоволі застигає з плином часу і значно знижувати екологічне навантаження на атмосферу від продуктів аварійного розливу ГР. Тривалість ізолюючого дії таких пін може складати кілька діб. Вирішальним фактором, що впливає на вибір засіб, що перешкоджає поширенню парів нафтопродукту в навколишнє середовище, є тривалість існування покриття.

Особливо ефективним є застосування ШТП при подачі на палаючу рідину, оскільки до затвердіння піна покриває всю поверхню і припиняє горіння, а в подальшому перешкоджає повторному займанню паро-повітряної суміші.

Аналіз літератури показав, що раніше твердіюча піна використовувалася в основному в гірській, будівельної і лісової промисловості. У 90-х роках 20-го століття твердне піну стали застосовувати в якості ізолюючого покриття, наносячи її на поверхню нафтопродуктів.

В результаті досліджень авторами відзначається, що однією з основних задач в області застосування ШТП є створення оптимальної, збалансованої композиції, що відповідає конкретним умовам застосування. Існуюча техніка і пожежно-технічне озброєння не в повній мірі задовольняють вирішення завдання ліквідації горіння ГР ШТП на основі карбамідоформальдегідної смоли.

					<i>НУЦЗУ.2.25-13-75.СХтаХТ. РПЗ-10</i>	Лист
						36
<i>Зм</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

До недоліків існуючих піноутворюючих складів для отримання ШТП слід також віднести те, що в якості ПАР в розчині застосовувалися біологічно жорсткі піноутворювачі.

Воевода С.С., Макаров С.А. і Шароварников А.Ф. в роботі [15] наводять результати експериментальних досліджень по визначенню поверхневого натягу водних розчинів фторсинтетичні піноутворювачів в різних температурних режимах. Встановлено, що в одних температурних режимах деякі піноутворювачі будуть збільшувати своє піноутворюючу дію, а в інших знижувати, а в окремих випадках утворення плівки припиниться зовсім. Зі збільшенням температури ГР на 10°C призводить до зниження її поверхневого натягу в середньому на 1,1 мН / м.

Таким чином, вирішальним фактором, що впливає на вибір засобів, для зниження забруднення живої природи від продуктів випаровування і горіння ГР при аварійних розливах є тривалість існування покриття. Таким покриттям може служити ШТП низької кратності. Результати літературного огляду дозволяють зробити висновок про можливість і доцільності проведення досліджень по використанню ШТП на основі біологічно м'яких ПАР.

1.3. Технології отримання та використання швидкотвердіючої піни

При аналізі науково-технічної літератури за технологіями отримання і використання ШТП для забезпечення тривалої ізоляції поверхні випаровування пролітої горючої рідини і попередження займання її парів, зверталася увага на можливість використання існуючої техніки без її істотної модернізації та вдосконалення. Причому огляд проводився в напрямках використання ШТП як в різних галузях промисловості, так і в галузі пожежної безпеки.

При аналізі науково-технічної літератури з питань технології отримання швидкотвердіючої піни в різних галузях промисловості виявлено [11, 17, 28, 3, 16, 21], що в основі всіх способів отримання заливного карбамідоформальдегідна

					НУЦЗУ.2.25-13-75.СХтаХТ. РПЗ-10	Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		37

пінопласту (КФП) лежить єдина технологічна схема. Принципова схема отримання карбамідоформальдегідна пінопласту приведена на рис. 1.1.

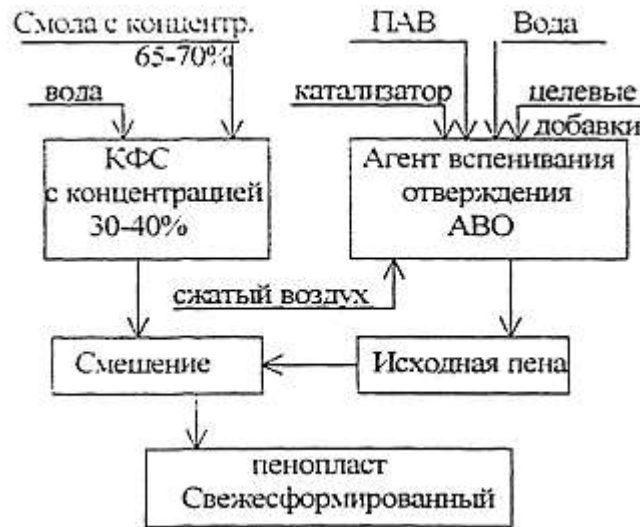


Рис. 1.1. Принципова схема отримання карбамідоформальдегідна пінопласту

Вихідні компоненти до відповідних вузлів можуть подаватися з ємностей, що знаходяться під тиском або насосами. Ємності під тиском не призначені для подачі компонентів з неоднаковою в'язкістю і регулювання співвідношення компонентів, що істотно обмежує їх застосування.

Заміна "Контакту Петрова" в рецептурі пінопласту марки МФП-2 на тріетаноламінові солі сульфоспиртов жирного ряду, що володіють кілька меншою піноутворюючою здатністю, але дають набагато більш стабільну піну, спричинила за собою зміну конструкції спіноє вузла. В заповнену скляним бісером змішувальну камеру подають КФС, ПАВ і стиснене повітря. Після виходу з камери змішувача в отриману вихідну піну додають затверджувач [21].

У роботах [11, 17, 28, 3, 16] велика увага приділена не тільки технології, але і техніці для отримання ШТП. Так в ряді галузей народного господарства була створена і випробувана серія установок, по отриманню карбамідних пінопластів продуктивністю: 6 - 10, 25 - 50, 80 - 100, 150 - 300 м³ / год.

Особливий інтерес представляє установка ПГУ-1 100А призначена для теплоізоляції дражних полігонів і гірських кар'єрів. Дана установка є повністю

					НУЦЗУ.2.25-13-75.СХмаХТ. РПЗ-10	Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		38

автономною, так як забезпечена електростанцією і дизельним компресором. Все обладнання розміщується на рухомому майданчику і може транспортуватися до місця використання.

Аналогічні технічні рішення використані при створенні установки ПГС-30, що застосовується для заливки карбамідоформальдегідна пінопласту КФП при виробництві будівельних робіт.

Подібним способом було отримано заливний КФП, призначений для захисту фунтів від промерзання. Продуктивність установок 120 - 150 м³/год. Робочі розчини готуються на спеціальному пересувному "розчинному вузлі". Всі компоненти одночасно завантажуються в піноутворюючий пристрій (рис. 1.2.), Що вимагає його очищення від свіжесформованого пінопласту через кожні 2,0 - 2,5 години.

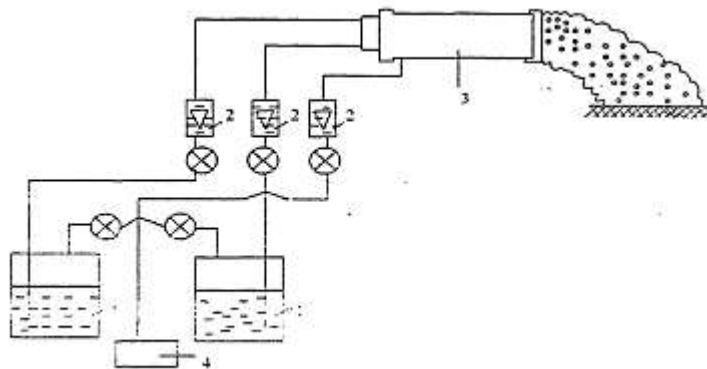


Рис. 1.2. Схема установки для отримання КФП: 1 - ємності; 2 - ротаметри; 3 - піногенеруючий пристрій; 4 - компресор для подачі стисненого повітря.

Слід підкреслити, що на багатьох установках вузли піноутворення і змішування послідовно з'єднані у вигляді одного пристрою типу пістолета (рис. 13.).

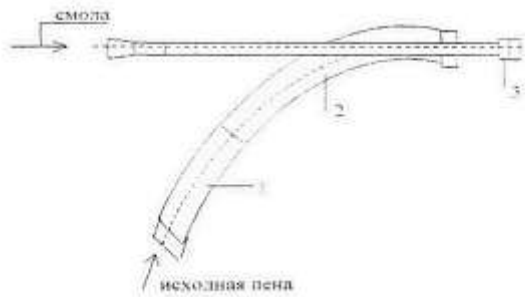


Рис.1.3. Схема змішувача: 1 - корпус; 2 - труба для подачі смоли; 3 - форсунка.

Особливо відзначимо, що установки, що застосовуються в різних галузях промисловості можуть бути успішно використані для отримання і нанесення лише, на що розлилася ГР без її горіння.

Аналіз пожежно-технічної літератури за технологією отримання та використання ШТП на основі карбамідоформальдегідної смоли виявив, що існуюча пожежна техніка і озброєння в повному обсязі задовольняють вирішення завдання по ліквідації горіння нафтопродуктів.

Заслуговує на увагу робота з підбору для цих цілей зразків серійно випускається техніки з подальшим переобладнанням її для отримання швидкотвердіючої піни. Результати досліджень показують доцільність подачі робочого розчину до піногенератору не за допомогою відцентрового насоса, а за допомогою стиснутого повітря від компресора або балонів.

Як устаткування використовували дещо модернізовані пожежні автомобілі основного призначення. Схема для отримання ШТП з використанням пожежних автомобілів показана на (рис. 1.4.).

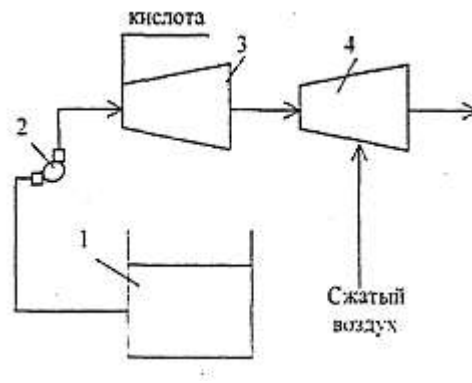


Рис. 1.4. Схема установки для получения ШТП з використанням пожежних автомобілів: 1 - ємність для смоляний композиції; 2 - насос; 3 - ежектор; 4 - змішувач

Проведені випробування по можливості застосування існуючого пожежно-технічного озброєння показали, що стовбури мають ряд недоліків і без їх модернізації не можливе застосування в обстановці ліквідації горіння парів ГР при аварійному розливі. Модифікований стовбур СВП хоча і має деякі недоліки, але в якійсь частині може задовольняти висунутим вимогам.

У роботах [17] наводяться ескізи і опису пристроїв для генерації ШТП, а також спеціально розроблені піногенеруючі пристрої, які пройшли випробування.

Таким чином, в результаті літературного огляду технології отримання і використання ШТП в різних галузях промисловості виявлено, що застосування існуючих мобільних установок (особливо з цивільного будівництва) може бути рекомендовано лише для забезпечення тривалої ізоляції поверхні випаровування пролітої ГР і попередження займання її парів, тобто . без горіння.

Існуюча пожежна техніка і пожежно-технічне озброєння, хоча і мають ряд недоліків в частині отримання і подачі ШТП, дозволяють їх застосування в напрямку зниження несприятливих екологічних наслідків горіння паро-повітряної суміші при аварійному розливі ГР.

РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Характеристика об'єктів досліджень

У магістерській роботі в якості об'єктів досліджень використовувався широкий перелік речовин і матеріалів. При виборі і обґрунтуванні об'єктів досліджень враховували [6]:

- особливості отримання ШТП;
- поширеність марок карбамидоформальдегідних смол;
- можливість використання біологічно «м'яких» ПАР для отримання ШТП;
- найбільш часто зустрічаються в аварійних ситуаціях нафтопродукти;
- горючі рідини, які надають найбільш руйнівну дію на піни;
- можливість проведення лабораторних експериментів;
- можливість перевірки результатів досліджень.

На рис. 2.1. представлені групи речовин, що використовуються в роботі в якості компонентів пенообразующих складів для отримання ШТП.



Рис. 2.1. Компоненты для отримання піноутворюючих складів.

На рис. 2.2 представлені горючі рідини, на яких проводили випробування основних характеристик піноутворюючих складів і ШТП.

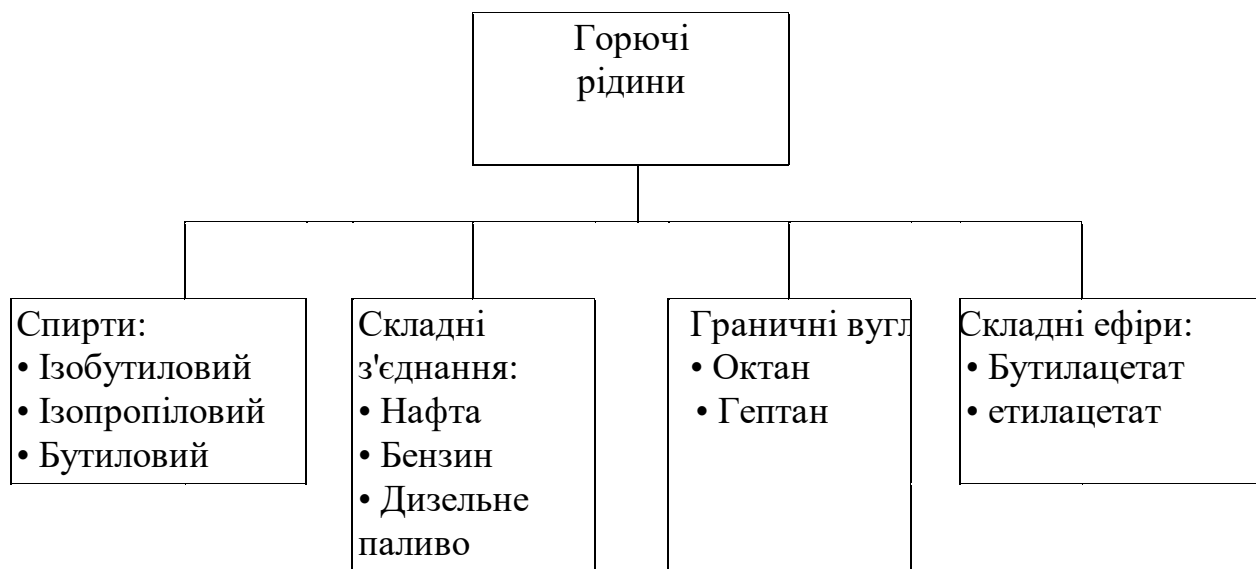


Рис. 2.2. Горючі рідини, використовувані в дослідженнях.

Основні властивості і характеристики речовин, представлених на рис. 2.1 і 2.2, наведені в табл. 2.1 – 2.5.

Таблиця 2.1. Властивості піноутворювачів і піноутворюючих складів

Наименование показателей		Пенообразователь	
		ПО-6НП	ПО-6ТС
Плотность при 20 °С, кг/м ³		1010 - 1100	1000 - 1200
Кратность пены	Низкая	20	20
	средняя	60	60
Реакция среды, рН		7,0 - 10,0	7,8
Концентрация рабочего раствора для получения пены, % (об.)		6	2
Биологическая разлагаемость		мягкий	мягкий

Піноутворювач «ПУНШ-С» представляє собою гранули жовтого кольору (ТУ 38-50734-88), призначений для теплоізоляції ґрунту. Поставляється в крафт-мішках, зберігається необмежено в сухих закритих приміщеннях. Використовується у вигляді 10% водного розчину, не має сторонніх включень, не горючий, біологічно м'який.

Таблица 2.2. Властивості карбамідоформальдегідної смоли підвищеної життєздатності

Наименование показателей	Показатели КФ-Ж
Внешний вид	Однородная суспензия
Массовая доля сухих веществ, %	67±1
Массовая доля формальдегида, %	0,9
Плотность, г/см ³	1,24 - 1,23
Реакция среды, рН	7,5 - 8,7
Смешиваемость смолы с водой при 20±1 °С в соответствии по объему 1:2	полная
Гарантийный срок хранения, месяцев	3

Таблица 2.3. Властивості складних з'єднань

Наименование показателей	Сложные соединения		
	Бензины	Дизельное топливо	Нефть
Тип жидкости	ЛВЖ	ГЖ	ГЖ
Скорость нарастания прогретого слоя, м/ч	0,7	–	0,7 - 1,0
Температура прогретого слоя, °С	80 - 100	–	130 - 160
Температура пламени, °С	1200	1150	1100
Начало кипения, °С	–	820	20 - 100 и более

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

НУЦЗУ.2.25-13-75.СХтаХТ. РПЗ-10

Таблица 2.4. Властивості спиртів

Наименование показателей	Вещество			
	Бутиловый спирт	Изобутиловый спирт	Изопропиловый спирт	Этиловый спирт
Тип жидкости	ЛВЖ	ЛВЖ	ЛВЖ	ЛВЖ
Химическая формула	$C_4H_{10}O$	$C_4H_{10}O$	C_3H_8O	C_2H_6O
Молярная масса	74,12	74,12	60,09	46,07
Плотность kg/m^3 (при 25 °C)	805,5	803,6	784,4	785
Температура вспышки, °C	41	28	18	16
Температура воспламенения, °C	43	39	21	18
Температура самовоспламенения, °C	340	390	430	400
Концентрационные пределы распространения пламени, % (об.)	1,8 - 10,9	1,8 - 1,4	2,2 - 12,7	3,6 - 17,0
Температурные пределы распространения пламени, °C	34 - 67	26 - 60	11 - 42	11 - 41
Максимальное давление взрыва, кПа	716	745	634	682
Минимальная энергия зажигания, МДж	0,276		0,650	0,246
Растворимость в воде	9 % (мас)	хорошая	неогран.	неогран.
МВСК, %об	11,4	11,4	11,4	11,1
Скорость выгорания, $kg/(m^2 \cdot c)$	$4,55 \cdot 10^{-2}$	$4,50 \cdot 10^{-2}$	$4,36 \cdot 10^{-2}$	$3,70 \cdot 10^{-2}$
Температура кипения, °C	117,0	107,8	82,3	78,5

Таблица 2.5 Властивості граничних вуглеводнів і складних ефірів

Наименование показателей	Вещество			
	Гептан	Октан	Бутилацетат	Этилацетат
Тип жидкости	ЛВЖ	ЛВЖ	ЛВЖ	ЛВЖ
Химическая формула	C_7H_{16}	C_8H_{18}	$C_6H_{12}O_2$	$C_4H_8O_2$
Молярная масса	100,203	114,23	116,16	88,10
Плотность kg/m^3 (при 25 °C)	683,76	702,52	882,5	900,3
Температура вспышки, °C	-4	14	29	-3
Температура воспламенения, °C	-4	19	35	6
Температура самовоспламенения, °C	223	215	330	446
Концентрационные пределы распространения пламени, % (об.)	1,1 - 6,7	0,9 - 6,2	1,4 - 9,0	2,0 - 11,4
Температурные пределы распространения пламени, °C	-7 - 26	13 - 49	22 - 61	-6 - 28
Максимальное давление взрыва, кПа	843		755	852,6
Минимальная энергия зажигания, МДж	0,24			0,282
Растворимость в воде, % (мас)	0,005	плохая	0,5	8,5
МВСК, % (об.)			11,7	11,7
Скорость выгорания, $kg/(m^2 \cdot c)$	$8,97 \cdot 10^{-2}$	$7,89 \cdot 10^{-2}$	$5,20 \cdot 10^{-2}$	$7,00 \cdot 10^{-2}$
Температура кипения, °C	98,4	125,7	126,5	77,0

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата
----	------	-------------	--------	------

НУЦЗУ.2.25-13-75.СХмаХТ. РПЗ-10

Ортофосфорна кислота H_3PO_4 - безбарвна рідина. Кислота не належить до числа сильних кислот. Застосовується для виготовлення фосфорних добрив, в харчовій промисловості, у виробництві зубних і спеціальних цементів, видалення накипу в парових котлах, в складі препаратів для захисту металів від фармацевтичної промисловості.

Соляна кислота HCl - безбарвна рідина з різким запахом, технічна кислота зазвичай забарвлена домішками в жовтий колір. Соляна кислота одна з найсильніших кислот. Вона енергійно взаємодіє із багатьма металами і оксидами металів [6, 18].

2.2. Методики дослідження основних характеристик піноутворюючих складів і швидкотверднучих пін

2.2.1. Кратності пін

Кратність піни характеризується величиною рівній відношенню об'єму піни до об'єму розчину, що міститься в ній і розраховується за співвідношенням (1.15.). Визначення кратності ШТП проводили за розробленою нами методикою. При розробці методики враховували вимоги випробування кратності ПМП [20, 74].

Опис експериментальної установки

Для лабораторних досліджень використовувався подрібнювачі тканин РТ-1 (ТУ64-1 -1505-72), який складається з двох основних частин - корпусу і скляного стакана. У корпус вмонтований електродвигун, що має на валу муфту з квадратним наконечником, встановленим на дні стакану і призначеним для з'єднання з приводом лопатей.

					НУЦЗУ.2.25-13-75.СХтаХТ. РПЗ-10	<i>Лист</i>
<i>Зм</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		46

На корпусі приладу є перемикач для зміни числа обертів мотора. У нульовому положенні перемикача прилад знеструмлений, при обертанні ручки за годинниковою стрілкою число обертів зростає.

Щоб мати можливість більш точно заміряти кількість дисперсійного середовища, що виділилася, (відсіку) з піни, до корпусу приладу за допомогою кільця кріпиться на кронштейні металева трубка з внутрішнім діаметром 18 ± 2 мм. Трубка може переміщатися в вертикальному напрямку і кріпиться стопорним гвинтом. В кінці трубки, розташованому ближче до склянки, на відстані 10 ± 2 мм припаяна тонка металева пластина з щілинним горизонтальним отвором, розміри якого складають 4×1 мм.

Зважування компонентів піноутворюючої композиції проводилося на вагах марки ВЛЕ-144. У якості мірних ємностей використовували градуйовані скляні стакани (ГОСТ 177-74). Спінюванням компонентів проводилося подрібнювачем тканин РТ-1. Час спінювання визначалося за допомогою секундоміра. У всіх дослідах обсяг розчину вихідної композиції становив 100 см^3 .

До початку вимірювань кратності піни проводили градуювання склянки приладу РТ-1 дистильованою водою за допомогою мірного циліндра, місткістю 50 см^3 , при нормальних умовах. Перед градуировкой стакан і мірний циліндр ретельно промивали і висушували. У мірний циліндр наливали дистильовану воду до позначки 50 см^3 , а потім виливали її з циліндра в стакан приладу. Знову заповнювали мірний циліндр до 50 см^3 і виливають воду в стакан приладу і робили позначку 100 см^3 . Операцію повторювали до повного заповнення склянки (1000 см^3). Позначку наносили на смужку міліметрового паперу, що наклеєний на стінці склянки. Градуювання проводили двічі, при цьому мітки на міліметровці повинні були збігатися. При розбіжності будь-якої мітки проводили градуювання цієї мітки втретє.

Послідовність проведення експерименту

					НУЦЗУ.2.25-13-75.СХтаХТ. РПЗ-10	Лист
						47
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Дослідження залежності кратності ШТП від змісту в робочому розчині карбамідоформальдегідної смоли, поверхнево-активної речовини і каталізатора затвердіння проводили зі зміною концентрації одного з компонентів при постійній концентрації інших компонентів.

Для дослідження кратності піни, в залежності від вмісту в робочому розчині КФ-Ж готували наступні розчини: карбамідоформальдегідна смола від 3,5 до 75 см³, піноутворювач - 5 см³, вода - інше до 100 см³.

Для дослідження кратності піни в залежності від вмісту в робочому розчині піноутворювача готували наступні розчини: піноутворювач від 1 до 8 см³, карбамідоформальдегідна смола - 20 см³, вода - інше до 100 см³. Як ПАР використовували біологічні м'які піноутворювачі: ПУНШ - С, ПО-6НП, ПО-6ТС.

Для дослідження кратності піни в залежності від вмісту в робочому розчині каталізатора затвердіння готували наступні розчини: ортофосфорна кислота (10% водний розчин) від 1 до 8 см³, карбамідоформальдегідна смола - 20 см³, піноутворювач - 5 см³, вода -інші до 100 см³.

Свіжоприготовлений розчин піноутворюючу композиції в кількості 100 см³ наливали в скляний стакан, який встановлювали в гніздо на корпусі, і поворотом перемикача в положення відповідне 4000 об/хв, приводили лопаті в обертальний рух. Одночасно включали секундомір. Розчин перемішували протягом 25 с, після чого в розчин вводили затверджувач, і спінювання продовжували ще 5 с. Після закінчення цього часу прилад зупиняли і фіксували обсяг отриманої піни. Після кожного випробування стакан приладу РТ-1 промивали і висушували.

Обробка результатів дослідження кратності пін

Кратність піни обчислювали як відношення отриманого об'єму піни до об'єму вихідного розчину за формулою (2.1). За остаточний результат брали середнє арифметичне трьох паралельних вимірювань.

Розбіжність між результатами повторних випробувань, отриманих при постійних умовах, з довірчою ймовірністю 0,95 не перевищувало 10%.

					НУЦЗУ.2.25-13-75.СХтаХТ. РПЗ-10	Лист
						48
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

2.2.2. Тривалості затвердіння піни

Визначення тривалості затвердіння ШТП зводилося до експериментального визначення часу, після закінчення якого, внаслідок процесу полімеризації, піна втрачала свою плинність. Схема експериментальної установки наведена на рис. 2.3.

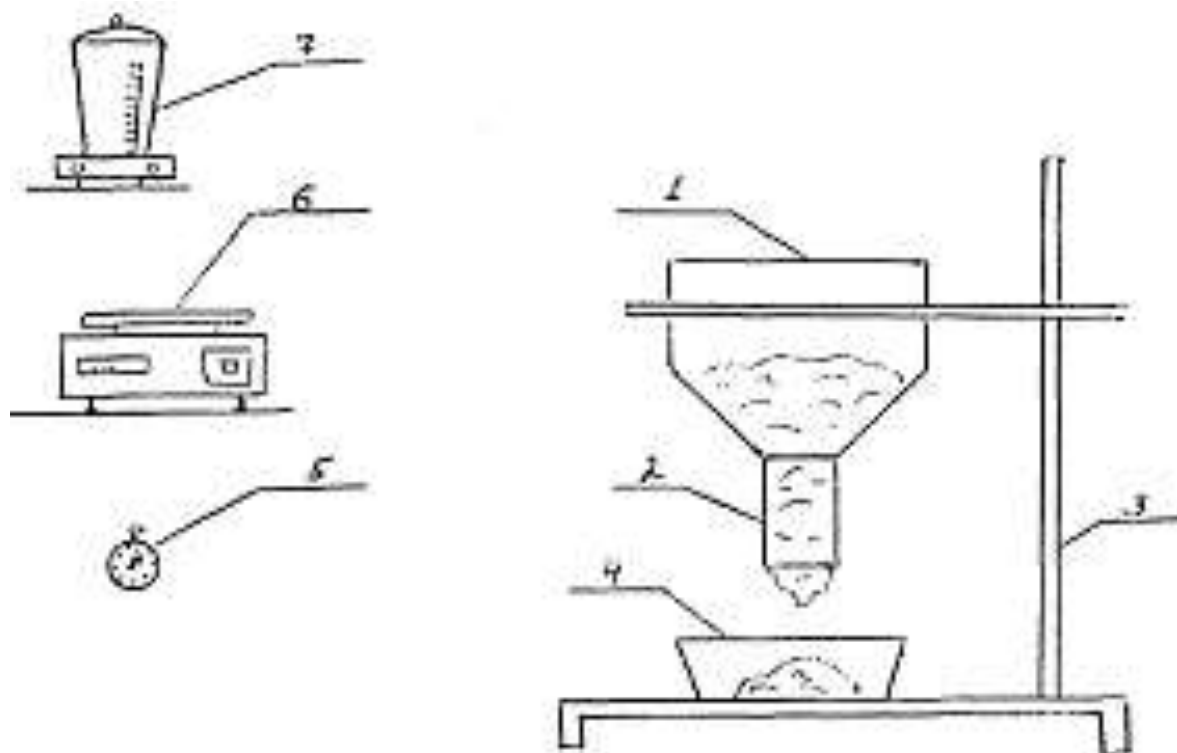


Рис. 2.3. Схема експериментальної установки для визначення часу затвердіння швидкозатвердіючої піни: 1 - ємність з піною; 2 - контрольна труба; 3 - штатив; 4 - піддон; 5 - секундомір; 6 - ваги; 7 - пристрій для отримання піни РТ-1.

Послідовність проведення експерименту

Для кожного експерименту готувався робочий розчин твердіє складу із заданою концентрацією компонентів, включаючи затверджувач.

Дослідження залежності тривалості затвердіння ШТП від змісту в робочому розчині карбамідоформальдегідної смоли, поверхнево-активної речовини і

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

каталізатора затвердіння проводили зі зміною концентрації одного з компонентів при постійній концентрації інших компонентів.

Для дослідження тривалості затвердіння ШТП в залежності від змісту в робочому розчині КФ-Ж готували такі водні розчини: карбамідоформальдегідна смола від 5 до 45 см³, піноутворювач - 5 см³. Обсяг розчину становив 100 см³.

Для дослідження тривалості затвердіння в залежності від змісту в робочому розчині піноутворювача готували такі водні розчини: піноутворювач від 1 до 8 см³, КФ-Ж - 20 см³. Обсяг розчину становив 100 см³. Як ПАР використовували біологічно м'який піноутворювач ПУНШ - С.

Для дослідження тривалості затвердіння в залежності від змісту в робочому розчині каталізатора затвердіння готували такі водні розчини: ортофосфорна кислота (10% водний розчин) від 0,25 до 6 см³, карбамідоформальдегідна смола - 20 см³, піноутворювач - 5 см³. Обсяг розчину становив 100 см³. Як ПАР використовували біологічно м'який піноутворювач ПУНШ - С.

Свіжоприготовлений розчин композиції в кількості 100 см³ наливали в скляний стакан приладу РТ-1. Стакан встановлювали в гніздо на корпусі і поворотом перемикача в положення відповідне 4000 об / хв, приводили лопаті в обертальний рух. Одночасно включали секундомір. Розчин перемішували протягом 25 с, після чого вводили затверджувач, і спінювання продовжували ще 5 с.

Після закінчення цього часу прилад зупиняли і фіксували обсяг отриманої піни. Отриману піну масою 50 г заливали в ємність об'ємом 0,5 літра. З моментом припинення руху твердіє піни по контрольній трубці, (в результаті її затвердіння) секундомір зупиняли. Визначення тривалості затвердіння повторювали три рази. За період затвердіння ШТП брали середнє арифметичне отриманих значень часу. Розбіжність між результатами повторних випробувань, отриманих при постійних умовах, з довірчою ймовірністю 0,95 не перевищувало 10%.

Тут відзначимо, що період затвердіння піни залежав від концентрації затверджувача в робочому розчині. Це в свою чергу впливало на РН середовища,

					<i>НУЦЗУ.2.25-13-75.СХтаХТ. РПЗ-10</i>	<i>Лист</i>
						50
<i>Зм</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

тобто на водневий показник піни. Водневий показник визначали на поверхні піни за допомогою індикаторного паперу.

2.2.3. Стійкості піноутворюючих складів на поверхні горючих рідин

Як було відзначено в розділі 1, стійкість піни визначається: часом виділення об'єму рідини (відсіку); об'ємом зруйнованого стовпа піни в часі; інтенсивністю контактного руйнування піни.

Інтенсивність руйнування піни на поверхні горючої рідини визначається за формулою:

$$J_p = \frac{\Delta V_{от}}{S_{пов} \cdot \tau} = \frac{\Delta H_{от}}{\tau}, \quad (2.1.)$$

де J_p - інтенсивність руйнування піни на поверхні горючої рідини, л / (см²); ΔV_p - обсяг виділився розчину (відсіку) з піни, л; $S_{пов}$ - площа контакту піни з горючою рідиною, м²; τ - час контакту піни з горючою рідиною, с; $\Delta H_{от}$ - висота виділився розчину (відсіку), мм.

Визначення стійкості піноутворюючих складів на поверхні ГР зводилося до експериментального знаходження часу, протягом якого піна на поверхні горючої рідини зберігала свої первинні властивості. Випробування проводили за розробленою нами методикою. При розробці методики враховували вимоги випробування стійкості ПМП [20].

Експериментальна установка для визначення стійкості піноутворюючих складів на поверхні ГР включала пристрій для отримання піни РТ-1, мірний стакан для підготовки компонентів, секундомір і скляний мірний стакан об'ємом 1000 см³ (ГОСТ 1770-74).

Послідовність проведення експерименту

Для кожного експерименту готували робочий водний розчин із заданою концентрацією компонентів: карбамідоформальдегідна смола - 20 см³,

					НУЦЗУ.2.25-13-75.СХтаХТ. РПЗ-10	Лист
						51
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

піноутворювач - 5 см³, ортофосфорна кислота (10% водний розчин) від 2 до 4 см³.
Обсяг розчину становив 100 см³.

Свіжоприготовлений розчин піноутворюючої композиції наливали в скляний стакан приладу РТ-1. Стакан встановлювали в гніздо на корпусі і поворотом перемикача в положення відповідне 4000 об / хв, приводили лопаті в обертальний рух. Одночасно включали секундомір. Розчин перемішували протягом 25 секунд, після чого вводили затверджувач і спінювання продовжують ще 5 секунд.

Для визначення стійкості ПМП на поверхні ГР використовували 6% розчин піноутворювача ПО-6НП. Водний розчин піноутворювача в кількості 100 см³ наливали в скляний стакан приладу РТ-1. Стакан встановлювали в гніздо на корпусі і поворотом перемикача в положення відповідне 4000 об / хв, приводили лопаті в обертальний рух. Розчин перемішували протягом 30 секунд.

У мірну склянку, об'ємом 1000 см³, в кількості 100 см³ наливали ГР. На поверхню горючої рідини подавали свіжоприготовлену ШТП або ПМП об'ємом 400 см³. З моменту нанесення піни включали секундомір. За результат брали середнє арифметичне значення трьох показань часу руйнування піни на поверхні рідини.

Після кожного випробування стакан приладу РТ-1 промивали і висушували. Розбіжність між результатами повторних випробувань, отриманих при постійних умовах, з довірчою ймовірністю 0,95 не перевищувало 10%.

Час стійкості визначали візуально з моменту нанесення ізолюючого покриття до моменту припинення усадки або руйнування піни.

2.2.4. Ізолюючої здатності піни на поверхні горючих рідин

Ізолююча здатність швидкодіючої піни визначається відношенням кількості ГР, випаровування якої запобігає за рахунок дії пінного шару, до одиниці площі поверхні.

Процес випаровування рідини багато в чому залежить від умов проведення експерименту. Випаровування парів ГР може відбуватися в нерухомому або рухомому

					НУЦЗУ.2.25-13-75.СХтаХТ. РПЗ-10	Лист
						52
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

повітряне середовище. Питома втрата маси рідини з-під піни не постійна і змінюється з плином часу.

Випаровування горючої рідини з ємності з відкритою поверхнею характеризується різними параметрами, в тому числі інтенсивністю випаровування і втратою маси рідини.

Кількість рідини, захищене піною від випаровування за час t_k визначали за формулою:

$$Q_{ri} = \frac{M_0 - M_i}{S} \quad , \quad (2.2.)$$

де Q_{ri} - питома втрата маси горючої рідини, г/см²; M_0 - початкова маса горючої рідини, г; M_j - маса горючої рідини, в момент часу t_j , г; S - площа поверхні випаровування, см².

$$Q_{rni} = \frac{M_0 - m_i}{S} - Q_{pi} \quad (2.3.)$$

де Q_{rnr} питома втрата маси горючої рідини під піною, г / см; m_j - маса горючої рідини під піною, г; Q_i - питома втрата маси піни, г / см;

$$Q_{pi} = \frac{m_{pi0} - m_{pi}}{S} \quad (2.4)$$

де Q_{pi} - питома втрата маси піни, г / см²; m_{pi0} - початкова маса піни, г; m_{pi} - абсолютні втрати маси піни в момент часу, г;

Питому швидкість (інтенсивність) випаровування розраховували за формулою:

$$V_n = \frac{\Delta P}{S \cdot \tau} \quad (2.5.)$$

де ΔP - зміна маси рідини за час τ , кг;

S - площа поверхні випаровування, м²;

τ - час випаровування, хв. Відносний показник ізолюючого дії швидкоотвердіючої піни ($\gamma, \%$) розраховували за формулою:

					НУЦЗУ.2.25-13-75.СХмаХТ. РПЗ-10	Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		53

$$\gamma = \frac{V_r - V_n}{V_r} \cdot 100, \quad (2.6.)$$

де: V_r - величина швидкості випаровування пального без піни;

$V_n = V_1 - V_2$ - величина швидкості випаровування пального з-під піни;

V_1 - сумарна швидкість випаровування пального та піни;

V_2 - швидкість випаровування піни.

При проведенні досліджень зміна маси рідини вимірювали за допомогою ваг марки ВЛЕ-144.

Послідовність проведення експерименту

По мірі проведення дослідів в дві склянки наливали 100 г горючої рідини. В один зі склянок, за допомогою лопатки, на поверхню рідини наносили шар швидкотвердіючої піни заданої товщини, попередньо вимірявши її масу. Така ж кількість піни поміщали в третій стакан. Висота вільного борту у всіх трьох склянок була однаковою. Стакан з вихідним складом зважували і поміщали на шальку терезів. Вимірювання випаровування горючої рідини проводили в нерухому середу і вимірювали на вагах.

В ході експерименту фіксували такі величини:

- час випаровування, хв;
- вага склянок з піною і горючою рідиною через кожні 25 хвилин протягом заданого періоду часу, м.

Обробку результатів експерименту проводили за формулами (2.2.) - (2.6.). За результат брали середнє арифметичне значення двох випробувань.

Розбіжність між результатами повторних випробувань, отриманих при постійних умовах, з довірчою ймовірністю 0,95 не перевищувало 10%.

2.2.5. Часу захисної дії піни на поверхні горючих рідин

					НУЦЗУ.2.25-13-75.СХтаХТ. РПЗ-10	Лист
						54
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Визначення часу захисної дії піни зводиться до експериментального знаходження часу, протягом якого піна на поверхні горючих рідин здатна запобігати можливості займання парів від стороннього джерела запалювання.

Схема експериментальної установки для визначення часу захисної дії піни представлена на рис. 2.4.

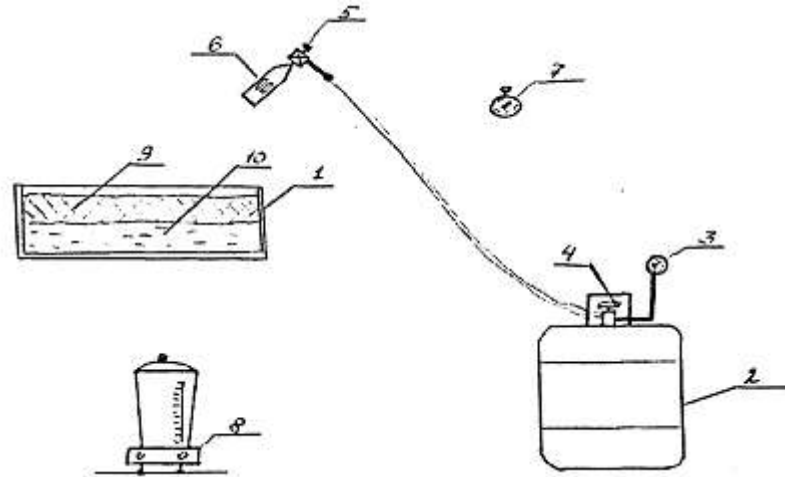


Рис. 2.4. Схема експериментальної установки для визначення часу захисної дії ШТП на поверхні ГР: 1 - деко; 2 - газовий балон; 3 - манометр; 4 - регулюючий вентиль; 5 - запірний вентиль; 6 - газовий пальник; 7 - секундомір; 8 - електромеханічний пристрій для отримання піни РТ-1; 9 - шар швидкотвердіючої піни; 10 - горюча рідина.

Послідовність проведення експерименту

Для кожного експерименту готували робочий розчин швидкотвердіючого складу із заданою концентрацією компонентів.

Свіжоприготовлений розчин композиції в кількості 100 см³ наливали в скляний стакан приладу РТ-1. Стакан встановлювали в гніздо на корпусі і поворотом перемикача в положення відповідне 4000 об / хв, приводили лопаті в обертальний рух. Одночасно включали секундомір. Розчин перемішували протягом 25 с, після чого вводили затверджувач і спінювання продовжували ще 5 с.

Піну заливали в деко розмірами 25x25x10 см на поверхню горючої рідини заданої товщини, при цьому висота вільного борту (від поверхні піни) становила 2

					НУЦЗУ.2.25-13-75.СХтаХТ. РПЗ-10	Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		55

см. З моменту нанесення піни включали секундомір. Через кожну годину на поверхню піни впливали полум'ям з газового пальника з відстані не більше 20 см. Час впливу полум'я приймалося, рівним 5 секундам.

Час захисної дії визначали візуально з моменту нанесення ізолюючого покриття, до моменту спалаху і стійкого горіння парів горючої рідини, що проникли через шар піни.

2.2.6. Часу гасіння піною низької кратності

Визначення часу гасіння піною низької кратності проводили за розробленою нами методикою на основі методів випробувань ПМП низької кратності [20]. Суть методу полягає у визначенні часу гасіння при заданій інтенсивності подачі робочого розчину. Для дослідження вогнегасних властивостей ШТП було виготовлено спеціальну дослідну установку, схема якої представлена на рис. 2.5 і 2.6. Як модельний вогнища пожежі був обраний металевий лист розмірами 100х40х15 см.

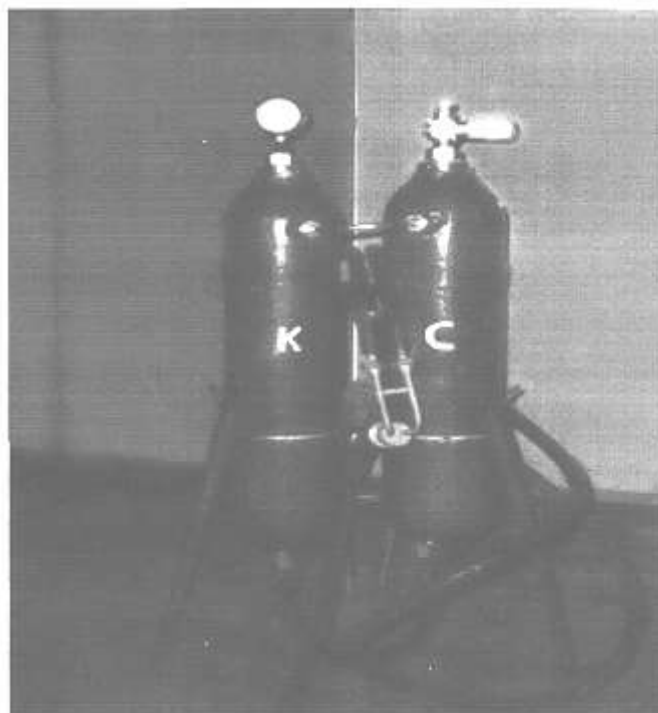


Рис 2.5. Загальний вигляд установки для отримання ШТП

					НУЦЗУ.2.25-13-75.СХтаХТ. РПЗ-10	Лист
						56
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

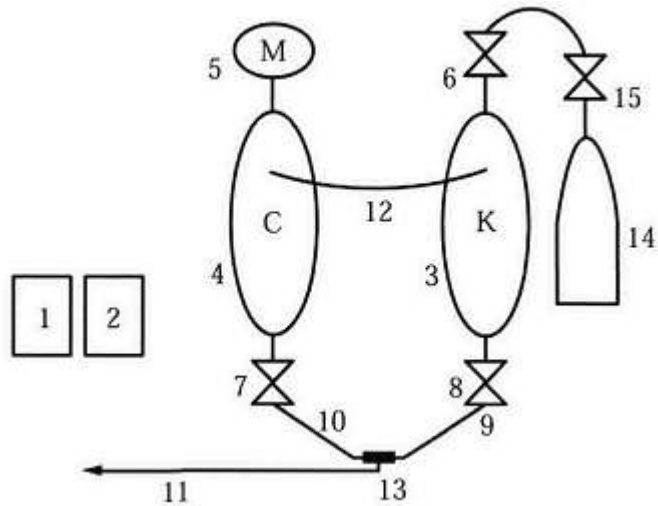


Рис. 2.6. Схема експериментальної установки для отримання ШТП: 1,2
ємності для приготування розчину; 3, 4 - балони об'ємом 6 л .; 5 - манометр; 6 -
горловина балона; 7, 8 - вентилі; 9, 10, 11-шланги; 12 - металева сполучна
трубка; 13 - перехідник; 14 - балон з вуглекислим газом.

Підготовка до проведення випробувань

Деко встановлювали на рівній поверхні землі. Ствол розташовували на такій відстані і нахилом, щоб піна потрапляла в початок дека. Натурні експерименти проводили при температурі повітря 30°C, швидкості вітру 4-5 м / с з поривами до 7-8 м / с.

Установка дозволяла отримувати піну в безперервному режимі, при контролі співвідношення витрат рідини і газу, дисперсності і кратності піни. Перед запуском установку промивали і заряджали. У ємності (1) готували розчин карбамідоформальдегідної смоли з ПАР в кількості трьох літрів в співвідношенні: 20% карбамідоформальдегідної смоли, 5% піноутворювача ПУНШ-С, вода - 72%. У ємності (2) готували 10% водний розчин ортофосфорної кислоти.

Установку заправляли після приготування робочих складів. Запуск установки приводили в такій послідовності: на балон (4), в верхній отвір, вкручували манометр (5), в балон (3) вкручували вентиль, до якого під'єднували балон з вуглекислим газом і подавали необхідний тиск. Оператор відкривав вентилі (7) і (8), розташовані

					НУЦЗУ.2.25-13-75.СХмаХТ. РПЗ-10	<i>Лист</i>
						57
<i>Зм</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

в нижній частині кожного балона по черзі, тобто спочатку вентиль (7) від балона зі смолою, а потім вентиль (8) від балона з кислотою. Від цих вентилів йдуть шланги (9) і (10) до переходника (13), де далі в змішувальному шлангу (11) відбувається утворення ШТП.

Проведення випробувань

У деко заливали шар пального товщиною (30 ± 3) мм з водяною подушкою завтовшки (20 ± 3) мм і запалювали його. Час попереднього горіння після займання парів становило (120 ± 5) с. Подача піни здійснювалася протягом (60 ± 2) с. При успішному гасінні в перших двох дослідах, третій досвід не проводився.

Відпрацювання результатів досліджень

За результат визначення часу гасіння піною середньої кратності при заданій інтенсивності подачі розчину брали середнє арифметичне результатів паралельних випробувань. Допустиме розходження між результатами повторних випробувань, отриманих одним оператором при постійних умовах випробувань, з довірчою ймовірністю 0,95, було в межах не більше 20%.

Інтенсивність подачі робочого розчину для кожного досвіду (I) л / (мс²), розраховують за формулою:

$$I = \frac{Q}{S} , \quad (2.7)$$

де Q - витрата розчину піноутворювача л / с; S - площа дзеркала горючої рідини, м².

					НУЦЗУ.2.25-13-75.СХтаХТ. РПЗ-10	Лист
						58
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3. ПРАКТИЧНІ ЗАХОДИ ЩОДО ЗНИЖЕННЯ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ ПРИ ЛІКВІДАЦІЇ ГОРІННЯ РОЗЛИВ ГОРЮЧИХ РІДИН.

3.1. Спосіб і технологія ліквідації горіння розлилася горючої рідини піною

Як показано в розділі 1., в теперішній час найпоширенішим засобом ліквідації горіння розлилася горючої рідини є повітряно-механічна піна. Механізм вогнегасної дії ПМП досить добре вивчений. Процес гасіння ПМП складається з двох стадій. У першій стадії піна, потрапляючи на поверхню рідини, що горить, виробляє охолодження поверхні за рахунок води, що виділяється при руйнуванні піни. У міру охолодження поверхневого шару зменшується руйнування піни і вступає в силу ізолюючий фактор, тобто здатність піни затримувати пари нафтопродукту. Гальмування процесу випаровування є вирішальною умовою для ліквідації горіння розлилася горючої рідини піною.

Застосування піни дозволяє знизити швидкість випаровування за рахунок створення механічної перепони для дифузійного і конвективного виносу парів в зону взаємодії з вступником киснем повітря.

Підтримка на поверхні горючої рідини певного шару піни можливо тільки за умови його постійного підживлення свіжою піною, тому що вона руйнується під дією теплового потоку факела полум'я і в результаті контактної взаємодії з горючою рідиною. Тому в процесі гасіння піна знаходиться в безперервному русі, переходячи по поверхні пального, а швидкість її розтікання буде залежати від в'язкості, граничного напруження зсуву піни, від величини поверхневого тиску, спрямованого назустріч рухається піни, і питомої контактної руйнування піни горючою рідиною.

Таким чином, шар ПМП, нанесеної на поверхню рідини, що горить, зверху піддається руйнівній дії теплового випромінювання полум'я, знизу - нагрітої рідини. Найбільш інтенсивне руйнування бульбашок ПМП відбувається в місці її зустрічі з фронтом полум'я. Проведені дослідження основних характеристик ШТП з

					НУЦЗУ.2.25-13-75.СХтаХТ. РПЗ-10	Лист
						59
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

розробленого піноутворюючого складу, показали, що пропонована піна стійкіша до теплового випромінювання і впливу продуктів згоряння ГР, ніж ПМП.

Відомий спосіб ліквідації горіння ГР, заснований на роздільній або послідовній подачі ПМП різної кратності в зону горіння [2]. Спосіб полягає в тому, що в початковій стадії ліквідації горіння необхідно подавати піну низької кратності, яка забезпечувала б інтенсивне охолодження прогрітого шару ГР. У наступній стадії піну середньої кратності для того, щоб швидко створити на поверхні ГР шар, що забезпечує паронепроникності. Недоліком даного способу є те, що в процесі гасіння, у міру просування ВМП по поверхні палаючої рідини відбувається її руйнування, особливо інтенсивно на кордоні зони горіння. Руйнування ПМП зверху відбувається через вплив теплового випромінювання полум'я і потоків гарячих газоподібних продуктів горіння, а знизу нагрітої до кипіння рідиною. В результаті чого товщина шару піни зменшується і стає меншою від визначеного критичного значення. Після цього подальше просування шару піни істотно знижується і здійснюється тільки за рахунок поступового охолодження рідини, що горить, що призводить до підвищеного питомій витраті піноутворювача і вимагає збільшення інтенсивності подачі вогнегасних речовин на ліквідацію горіння.

Шар ПМП, нанесеної на поверхню рідини, що горить, зверху піддається впливу теплового випромінювання полум'я і потоків палаючих газоподібних продуктів горіння, знизу нагрітої до кипіння рідини. Теплове випромінювання і продукти згоряння прискорюють процес її руйнування незначно. Найбільш інтенсивне руйнування бульбашок піни буде відбуватися в місці зіткнення фронту полум'я з крайкою піни (рис. 3.1-А). Для зниження негативного впливу теплового впливу, в зону максимального руйнування необхідно вводити піну, що володіє підвищеною стійкістю по відношенню до руйнівній дії полум'я. Найбільш ефективним буде використання ШТП низької кратності між фронтом полум'я і ПМП середньої кратності (рис 3.1-Б).

					<i>НУЦЗУ.2.25-13-75.СХмаХТ. РПЗ-10</i>	<i>Лист</i>
						60
<i>Зм</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Пропонований спосіб ліквідації горіння, що розлилася ГР полягає в наступному. В зону горіння, де відбувається максимальне руйнування ПМП, вводиться ШТП, що володіє підвищеною стійкістю до руйнівній дії полум'я.

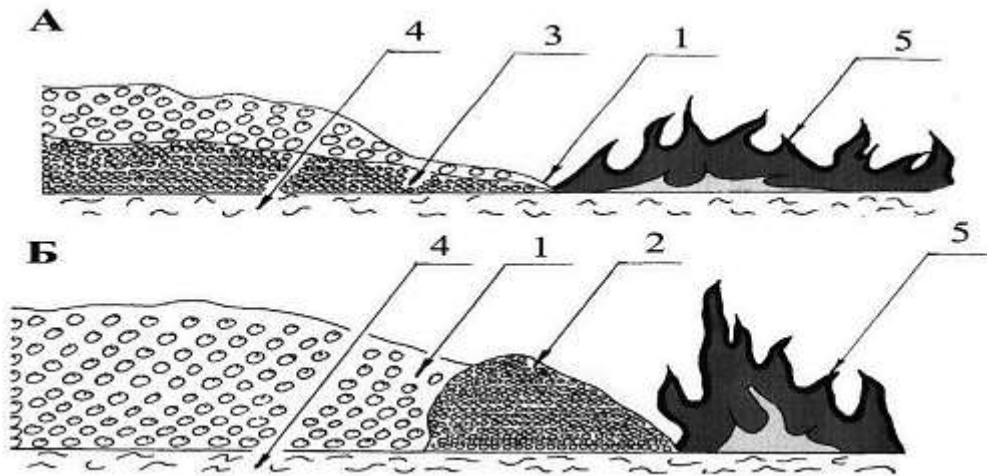


Рис. 3.1. Форма шару піни при різних способах гасіння: А - гасіння з використанням ПМП низької та середньої кратності. Б - гасіння з використанням ШТП низькою і ПМП середньої кратності. 1 - ПМП середньої кратності; 2 - ШТП низької кратності; 3 - ПМП низької кратності; 4 - горюча рідина; 5 - зона горіння

Піна низької кратності подається направлено зі створенням розділових смуг. В результаті виробляється розбивка площі горіння на сектори. Одночасно з початком створення розділової смуги в утворюється сектор подається ПМП середньої кратності. Технологія послідовної по секторам ліквідації горіння ГР при аварійному розливі в обвалуванні приведена на рис. 3.2 - 3.3.

Ліквідація горіння ГР даної сукупністю операцій не виявлено в літературі, що свідчить про практичну новизну цього технічного рішення.

Застосування даної технології дозволяє зменшити питому витрату пенообразующего складу, час, кількість залучених сил і засобів для ліквідації горіння, і в кінцевому підсумку значно знизити екологічне навантаження аварійного розливу ГР на навколишнє середовище.

Більш докладно результати досліджень по ліквідації горіння парів горючих рідин викладені в [24, 25].

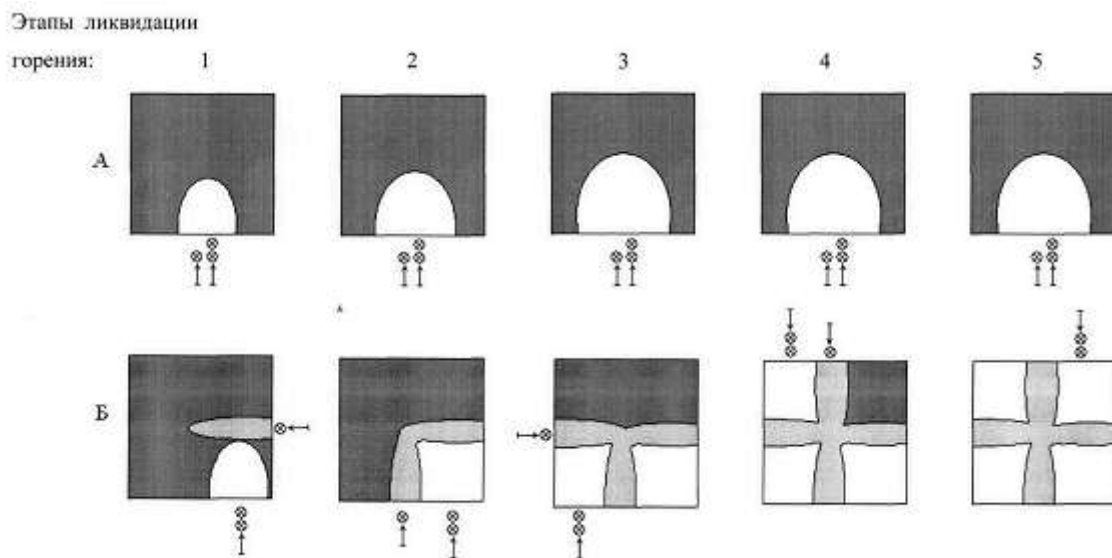


Рис 3.2. Порівняльні схеми гасіння розлилася горючої рідини по прототипу (А) і пропонованим способом (Б).

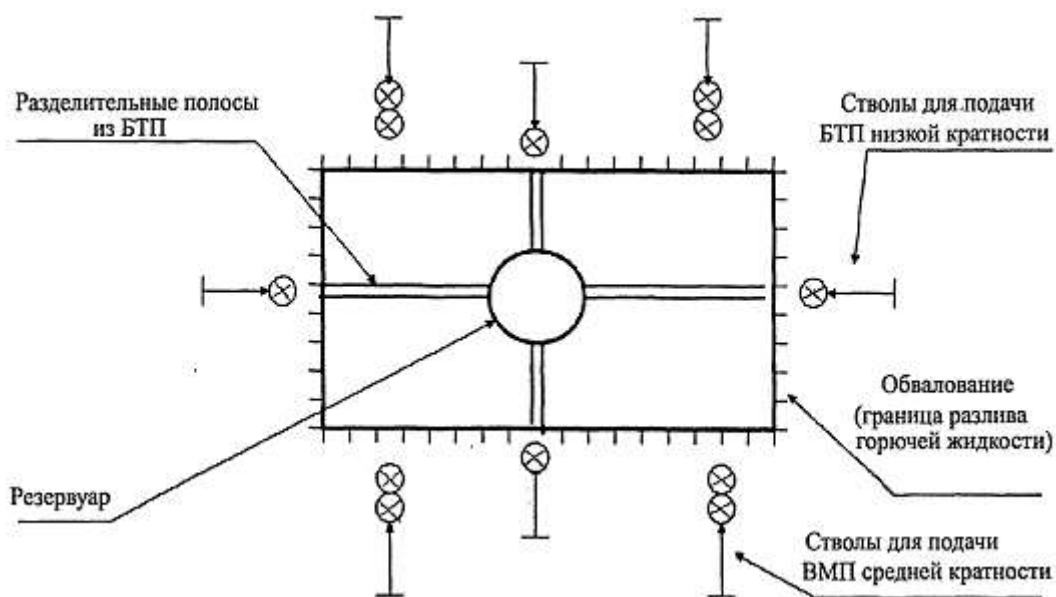


Рис.3.3. Схема поділу розлилася горючої рідини на сектори, в обвалуванні резервуару

Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

НУЦЗУ.2.25-13-75.СХмаХТ. РПЗ-10

3.2. Рекомендації щодо розробки та вдосконалення спеціальної техніки для отримання швидкотвердіючої піни

Як зазначалося в розділі 1., застосування існуючих мобільних установок для отримання ШТП з різних галузей промисловості (особливо з цивільного будівництва) може бути рекомендовано лише для забезпечення тривалої ізоляції поверхні випаровування пролітої горючої рідини без горіння. Існуюча пожежна техніка і пожежно-технічне озброєння вимагає розробки рекомендацій по її вдосконаленню в частині отримання і подачі ШТП для зниження несприятливих екологічних наслідків горіння паро-повітряної суміші при аварійному розливі ГР.

З урахуванням результатів літературного огляду і проведення справжніх досліджень пропонується два варіанти переобладнання спеціальної техніки для цілей ліквідації горіння ГР при їх аварійному розливі, зокрема: пожежного автомобіля порошкового гасіння та автопоїзда-борошновозу.

Отримання ШТП для ліквідації горіння аварійно розлитих ГР доцільно проводити за допомогою пожежної автоцистерни з додатковою установкою для подачі кислотного затверджувача і спеціально розроблених стовбурів-піногенераторів (рис. 3.4.).

В даний час для отримання швидкотвердіючої піни низької кратності доцільно в якості ствола-піногенератора використовувати наявний на озброєнні в пожежній охороні стовбур СВП, модифікований спеціальною вставкою (рис.3.5.).

					НУЦЗУ.2.25-13-75.СХтаХТ. РПЗ-10	Лист
						63
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

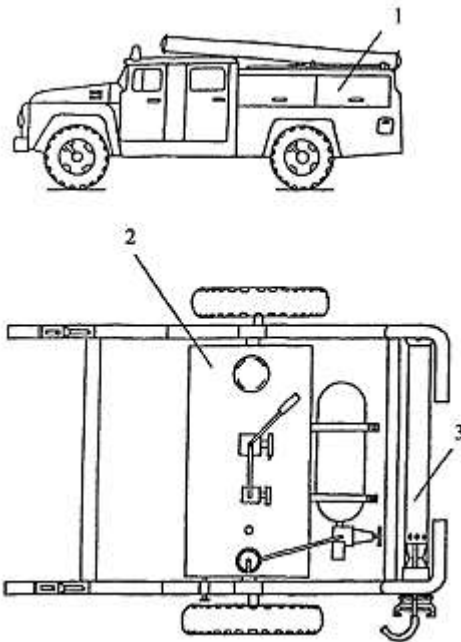


Рис. 3.4. Пожежна автоцистерна з додатковим обладнанням: 1 - пожежна автоцистерна; 2 - установка для зберігання і подачі кислотного затверджувача; 3 - пристрій генерації твердіє піни.

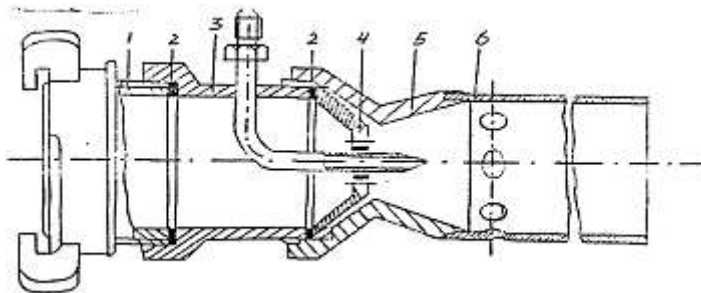


Рис. 3.5. Ескіз модернізованого ствола СВП: 1 - гайка Богданова; 2 - прокладка; 3 - вставка з патрубком; 4 - конічна вставка; 5 - втулка звужує; 6 - труба.

Основні вимоги, що пред'являються до спеціальної техніки для отримання швидкозатвердіючої піни з метою ліквідації горіння ГР і зниження екологічного навантаження аварійного розливу на навколишнє середовище можна сформулювати наступним чином:

					НУЦЗУ.2.25-13-75.СХмаХТ. РПЗ-10	<i>Лист</i>
						64
<i>Зм</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

1. З метою зменшення забруднення атмосфери продуктами горіння, час підготовки обладнання, створення запасу вогнегасних речовин і подачі їх на ліквідацію горіння повинно бути мінімальним.

2. Прилади подачі вогнегасних речовин повинні забезпечувати покриття всієї поверхні палаючої рідини шаром піни заданої товщини протягом розрахункового часу гасіння, тобто повинні забезпечувати подачу піни в осередок горіння з необхідною (оптимальною) інтенсивністю.

3. Спосіб введення піни в осередок горіння повинен вибиратися з урахуванням безпеки людей, що працюють з наявною пожежною технікою, і таким чином, щоб забезпечувати гасіння полум'я з найменшими втратами піни.

4. Застосовувана піна повинна забезпечувати ліквідацію горіння парів ГР з найменшими витратами. Ця вимога особливо відчутно буде позначатися на результаті ліквідації горіння розлилася ГР на великій площі.

5. При виборі піноутворюючих складів необхідно враховувати можливість фізико-хімічної взаємодії ГР з піною, від якого залежить інтенсивність руйнування піни.

6. Застосовувати такі вогнегасники склади, які мали б найменше руйнування в місці зіткнення фронту полум'я з крайкою піни.

					НУЦЗУ.2.25-13-75.СХтаХТ. РПЗ-10	Лист
						65
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ВИСНОВОК

1. Досліджено умови функціонування технічних засобів при аваріях з розливом ГР, які надають антропогенний вплив на навколишні екосистеми продуктами випаровування і горіння рідин. Обґрунтована і експериментально підтверджена можливість використання ШТП для зниження забруднення навколишнього середовища при різних сценаріях аварійного розливу ГР, зокрема без горіння і з горінням рідин.

2. Розроблено піноутворюючий склад, що включає 15-25% карбамідоформальдегідної смоли марки КФ-Ж, 5% біологічно м'якого піноутворювача цільового призначення марки ПО-ПУНЩ, 2 - 4% ортофосфорної кислоти, який дозволяє отримати ШТП з властивостями, необхідними для застосування її в якості засоби зниження забруднення живої природи при аварійних розливах ГР.

3. Досліджено основні характеристики ПМП і ШТП низької кратності. Для практичного застосування ШТП на основі біологічно м'яких ПАР з метою зниження забруднення живої природи при аварійних розливах ГР рекомендується використовувати піну з кратністю 3,5 ... 10,0. Встановлено, що найбільшою плинністю (при однаковій кратності) на поверхні ГР має ПМП, а найкращою вогнегасною здатністю - ШТП.

4. Розроблено спосіб ліквідації горіння пароповітряної суміші, що знижує несприятливі екологічні наслідки при аварійному розливі ГР, що полягає в комбінованій подачі ШТП низької кратності і ПМП середньої кратності.

5. Запропоновано нову технологію ліквідації горіння ГР в обвалуванні, яка полягає в послідовному розподілі рідини, що розлилася на сектори, що дозволяє знизити питомі витрати піноутворюючого складу, кількість залучених сил і засобів, час ліквідації горіння, і в кінцевому підсумку значно зменшити екологічне навантаження аварійного розливу ГР на навколишнє екосистему.

					НУЦЗУ.2.25-13-75.СХмаХТ. РПЗ-10	Лист
						66
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1. Абдурагимов, И.М. О роли изолирующей способности воздушно - механической пены при тушении нефтепродуктов в резервуарах. [Текст] / И.М. Абдурагимов, В.Ю. Говоров. Горение и проблемы тушения пожаров. - М.: ВНИИПО, 1978. - с. 99 - 102.
2. Абдурагимов, И.М. Физико-химические основы развития и тушения пожаров [Текст]/И.М. Абдурагимов, В.Ю.Говоров, В.Е.Макаров.- М.: ВИПТШ, 1980.-255 с.
3. Александров, Л.А. Увеличение стабильности пены при производстве пенопластов [Текст] / Л.А.Александров и др. Пластические массы № 7, 1976. -с. 72-75.
4. Алексеев, М.В. Пожарная профилактика технологических процессов производств [Текст]/ М.В. Алексеев, О.М. Волков, Н.Ф. Шатров. - М.: ВИПТШ, 1986.-371 с.
5. Андреев, А.П. Пенообразующие составы для тушения, изоляции и дегазации проливов экологически опасных веществ [Текст] /А.П. Андреев, И.Н. Герасимов. Пожаровзрывоопасность. Изд. ООО "НТЦ Пожнаука"-2005.-№ 6 с. 67-70.
6. Баратов, А.Н. Пожаровзрывобезопасность веществ и материалов и средств их тушения [Текст]: Справ. Изд.: в двух книгах; / А.Н. Баратов, А.Я. Король-ченко, Г.Н. Кравчук и др. - М.: Химия, 1990. - 496 с.
7. Бард, В.Л. Предупреждение аварий в нефтеперерабатывающих и нефтехимических производствах [Текст] / В.Л.Бард, .-М.: Химия. 1984.-248 с.
8. Безродных, И.Ф. Исследование поведения пенного слоя на поверхности горячей жидкости. [Текст] / И.Ф. Безродных. Горение и проблемы тушения пожаров. - М.: ВНИИПО, 1981. с. 15 - 17.
9. Безродных, И.Ф. Разрушение пены на поверхности горючей жидкости [Текст] / И.Ф. Безродный, В.Ч. Реут. Исследование в области обеспечения пожарной безопасности на предприятиях авиационной промышленности: Сб. тр. -М.: МАИ, 1983. - с. 35-42.

					НУЦЗУ.2.25-13-75.СХмаХТ. РПЗ-10	Лист
						67
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

10. Безродных, И.Ф. Тушение нефти и нефтепродуктов [Текст]: пособие / И.Ф. Безродных, А.Н. Гилетич, В.А. Меркулов и др. - М.: ВНИИПО. 1996. - 216 с.
11. Берлин, А.А. Пенополимеры на основе реакционно-способных олигомеров [Текст] / А.А. Берлин, Ф.А. Шутов. - М.: Химия, 1978. - 206 с.
12. Бесчастнов, М.В. Взрывоопасность и противоаварийная защита химико-технологических процессов [Текст] / М.В. Бесчастнов. - М.: Химия, 1983. - 471 с.
13. Блинов, В.И. Диффузионное горение жидкостей [Текст] / В.И. Блинов, Г.Н. Худяков. - М.: Изд. Ан СССР. 1961.-208 с.
14. Богомолов, А.И. Химия нефти и газа [Текст] / А.И. Богомолов, А.А. Гайле, В.В. Громова, М.Г. Рудин и др. - Л.: Химия. 1989. - 424 с.
15. Воевода, С.С. Влияние температуры на поверхностное натяжение водных растворов синтетических пенообразующих пенообразователей для тушения пожаров. [Текст] / С.С. Воевода, С.А. Макаров, А.Ф. Шароварников. Пожаровзрывоопасность. Изд. ООО "НТЦ Пожнаука" - 2005. - № 2 с. 80 - 89.
16. Временные указания по производству и применению ШТП [Текст]: (ВУ -122-69 с). - Л.: Химия. 1969. - 20 с.
17. Гинзбург, Ц.Г. Применение пеноизоляционных материалов в строительстве [Текст] / Ц.Г. Гинзбург, А.И. Пехович, СМ. Алейников. Обзор материалов по обмену опытом № 46 - Н -Л., 1964. - с. 74 - 76.
18. Глинка, Н.Л. Общая химия [Текст]: Учебное пособие для вузов / Н.Л. Глинка.; под. ред. А.И. Ермакова. - Изд. 30-е, исправленное. - М.: Интеграл-Пресс, 2003 - 728с.
19. Глухов, В.В. Экономические основы экологии [Текст] / В.В. Глухов, Т.В. Лисочкина, Т.П. Некрасова. - СПб.: специальная литература. 1995. - 280 с.
20. ГОСТ Р 50588 - 93. Пенообразователи для тушения пожаров. Общие технические требования и методы испытаний [Текст]/. - Введ. 1994 - 01 — 07. -М.: Госстандарт РФ: Изд-во стандартов. 1983. - 21 с.
21. Грачева, Л. И. Статистический анализ массива патентов в области создания

					<i>НУЦЗУ.2.25-13-75.СХмаХТ. РПЗ-10</i>	<i>Лист</i>
						68
<i>Зм</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

пенопластов [Текст] / Л.И. Грачева и др. - М.: 1984. - с. 52 - 54.

22. Гришин, А.М. Методика расчета выбросов от источников горения при разливе нефти и нефтепродуктов [Текст] / А.М. Гришин, А.А. Долгов, А.Ф. Цимбалюк. Изд. Офиц. - М.: Госком РФ по охр. окр. среды, 1997. - 24 с.

23. Деденко, М.М. Исследование твердеющих пен, предназначенных для ликвидации последствий аварий на ОАО «Сибреактив». [Текст] / М.М Деденко, А.Я Машович, О.М Заятдинов. Проблемы деятельности правоохранительных органов и Государственной противопожарной службы: Труды Всероссийской науч.-практ. конф. - Иркутск.: ВСИ МВД РФ, 2001. - с. 190 - 191.

24. Деденко, М.М. Оценка эффективности тушения пожаров в обваловании резервуаров. [Текст] / М.М. Деденко, А.Я Машович. Деятельность правоохранительных органов и ГПС в современных условиях, проблемы и перспективы развития: Тезисы докладов Всероссийской науч.-практ. конф. - Иркутск.: ВСИ МВД РФ, 2003. - с. 266 - 267.

25. Деденко, М.М. Предотвращение чрезвычайных ситуаций при разливах нефтепродуктов быстротвердеющими пенами [Текст] / М.М Деденко, А.Я. Машович. Деятельность правоохранительных органов и ГПС в современных условиях, проблемы и перспективы развития. Материалы Всероссийской науч.-практ. конф. - Иркутск.: ВСИ МВД РФ, 2004. - с. 172 - 175.

26. Деденко, М.М. Снижение загрязнения атмосферы при аварийных разливах горючих жидкостей. [Текст]: Науч.-практ. журн. / Вестник ВСИ МВД России. М.М. Деденко - 2005, № 4 (35) - с. 75 - 80.

27. Документ ИСО Р 7203, часть 1, ТК 21/ПК6 / РГ4, № 70.

28. Доматов, Б.И. Искусственное засоление грунтов в строительстве [Текст] / Б.И. Доматов, В.С. Ласточик. - М.- Л.: Стройиздат, 1966. - 132 с.

29. Жуков, В.В. Особенности взаимодействия пены с бинарными водорастворимыми жидкостями [Текст]/ В.В. Жуков, СЮ. Лебедев, Е.Г. Крашков. Пожаротушение: Сб. науч. тр. - М.: ВНИИПО, 1985. - с. 74 - 76.

					<i>НУЦЗУ.2.25-13-75.СХтаХТ. РПЗ-10</i>	<i>Лист</i>
						69
<i>Зм</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

30. Иванников, В.П. Справочник руководителя тушения пожара. [Текст] / В.П. Иванников, П.П. Ключ. - М.: Стройиздат, 1987. - 288 с.

31. Исаева, Л.К. Экологические последствия пожаров [Текст]: дис. в виде науч. доклада ...док. техн. Наук: 05.26.03.; 03.00.16: защищенная 17.12.01 /Исаева Людмила Карловна. - М., 2002. - 107 с.

32. Исаева, Л.К. Исследования распространения пламени по поверхности горючих жидкостей [Текст] / Л.К. Исаева, И.Р. Бегишев, А.П. Юрков, А.А. Богданов, Е.Н. Понимасов. Проблемы охраны труда: тезисы докладов 5 науч. конф. по пробл. Охраны труда. - Рубежное ВМСИ, 1986. - 282 с.

33. Исаева, Л.К. Влияние пожаров на экологическую безопасность населения и территорий России [Текст] / Л.К. Исаева. Юбилейный сборник трудов Академии ГПС МЧС России. Под ред. Е.А. Мешалкина. - М.: Академии ГПС, 2003.-с. 112-135.

34. Исаева, Л.К. Организация, тактика и техника тушения пожаров на объектах народного хозяйства [Текст] / Л.К. Исаева, Н.В. Лобода, И.Р. Бегишев, Е.В. Крылов. - М.: ВИПТШ МВД СССР. 1988. - с. 77 - 83.

35. Исаева, Л.К. Пожары и окружающая среда [Текст]/ Л.К.Исаева. - Екатеринбург: Изд. Дом «Калан». 2001. - 222 с.

36. Исаева, Л.К. Экологическая опасность пожаров и аварийных разливов нефти при ее добычи и транспортировки [Текст] /Л.К. Исаева, А.В. Грачев, Новое в экологии и безопасности жизнедеятельности: Тезисы докладов 3 Всероссийское науч. - практ. конф. с межд. участием. - СПб., 1998. - Т.3. - 299 с.

37. Исаева, Л.К. Экологические последствия пожаров [Текст] / Л.К. Исаева. Безопасность жизнедеятельности. - М.: 2002. №11 - с. 19 - 29.

38. Исаева, Л.К. Экологические последствия пожаров нефти и нефтепродуктов [Текст] / Л.К. Исаева, А.Г. Власов. А.В. Грачев. 12 Симп. по горению и взрыву. Химическая физика процессов горения и взрыва. - Черноголовка, 2000.-с. 152-176.

					<i>НУЦЗУ.2.25-13-75.СХтаХТ. РПЗ-10</i>	<i>Лист</i>
						70
<i>Зм</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

39. Исаева, Л.К. Экология пожаров, техногенных и природных катастроф [Текст] / Л.К. Исаева. - М.: Академия ГПС МВД России. Учебное пособие, 2001.- 301с.

40. Исаева, Л.К. Эколого-экономическая оценка ущерба от загрязнения окружающей среды при пожарах [Текст] / Л.К. Исаева Учебное пособие. - М.: ВИПТШ, 1996. -25с.

					<i>НУЦЗУ.2.25-13-75.СХтаХТ. РПЗ-10</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>71</i>

ДОДАТКИ

					НУЦЗУ.2.25-13-75.СХмаХТ. РПЗ-10	Лист
Зм	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		72