

Міністерство освіти і науки України  
Одеській національній технологічний університет  
Кафедра холодильних установок і кондиціонування повітря



## **ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

На тему: «Дослідження та оцінка ризиків та наслідків аварій та аварійних ситуацій промислових аміакоємних холодильних систем»

Здобувача: Базаров О.М.  
2-го курсу групи ХМ-161М  
Керівник: доц. Желіба Ю.О.

Кваліфікаційна робота допускається до захисту  
Рішення кафедри №5 від 23.11.22 р.

Завідувач кафедри ХУіКП

Михайло Хмельнюк

Одеса – 2023 рік

**ОДЕСЬКІЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
Факультет: Низькотемпературної техніки та інженерної механіки  
Кафедра: Холодильних машин і установок  
Ступінь вищої освіти: Магістр  
Спеціальність: 142 «Енергетичне машинобудування»  
Освітня програма: «Холодильні машини, установки і кондиціонування повітря»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
**Завідувач кафедри: д.т.н., проф. Хмельнюк М.Г.**

30 вересня 2022 р.

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА**

Базаров Олег Миколайович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження та оцінка ризиків та наслідків аварій та аварійних ситуацій промислових аміакоємних холодильних систем

Затверджена наказом ОНТУ від № 784-03 від 31.10.22р.

2. Термін задачі здобувачем закінченої роботи: 15.12.23 р.

3. Вихідні дані роботи: Схемне рішення існуючої холодильної установки підприємства ТОВ «Агро Овен» яке розташовано у місті Дніпро

4. Перелік питань, які потрібно розробити:

Вступ; Огляд існуючих методів для розрахунку ризиків та наслідків аварій та аварійних ситуацій промислових аміачних холодильних систем, огляд аварій на Підприємствах, які були спричинені аміаком. Розрахунок ймовірних зон дії уражаючих факторів. Прогнозування рівня вибухонебезпечності обладнання АХУ.

5. План компресорного цеху. План конденсаторного відділення. Шляхи евакуації; План холодильника 1-й поверх; План холодильника 2-й поверх; План підприємства. Умовні радіуси зон руйнувань; Ситуаційний план.

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нконтроль	доц., к.т.н. Желіба Ю.О.		

7. Дата видачі завдання: 01.02.2023 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	Аналіз літературних джерел з питань методів для розрахунку ризиків виникнення аварій	01.09.- 15.09.2023 р.	
2	Опис методів і моделей, обраних для дослідження ступеня небезпеки та оцінки рівня ризику	16.09.- 30.09.2023 р.	
3	Оцінка кількості небезпечних речовин, що беруть участь в аварії	1.10.- 31.10.2023 р.	
4	Оцінка можливих негативних наслідків для визначення об'єктів "турботи" суспільства	01.11.- 15.11.2023 р.	
5	Аналіз основних причин і факторів виникнення аварій	16.11.- 30.11.2023 р.	

Здобувач-дипломник \_\_\_\_\_ Базаров О.М.

Керівник роботи \_\_\_\_\_ доц. Желіба Ю.О.

Несу відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів кваліфікаційної роботи, даю згоду на обробку персональних даних та не заперечую проти розміщення кваліфікаційної роботи на офіційних web-ресурсах ОНТУ.

Підтверджую, що в кваліфікаційній роботі відсутні порушення норм академічної доброчесності.

Здобувач-дипломник \_\_\_\_\_ Базаров О.М.

Анотація  
к кваліфікаційній роботі на тему  
«Дослідження та оцінка ризиків та наслідків аварій та аварійних ситуацій  
промислових аміакоємних холодильних систем»

Кваліфікаційна робота складається з розрахунково-пояснювальної записки, графічної частини та презентації.

Метою роботи є аналіз можливих аварійних ситуацій та аварій на аміачних холодильних установках, оцінка імовірності виникнення такої події та розробка заходів щодо її запобігання. Адаптація існуючих нормативних методик для розрахунків енергетичного потенціалу блоків аміачної холодильної системи й аналіз отриманих результатів для прийняття технологічних рішень компоновки системи АХС.

Проведено огляд існуючих методик розрахунків ризиків та наслідків аварій та аварійних ситуацій на аміачних холодильних установках. Зроблено довгострокове прогнозування масштабів хімічного забруднення у разі витoku аміаку з обладнання системи холодопостачання. Проведено прогнозування рівня небезпеки окремих блоків. Розрахунки зроблені на базі існуючої АХУ м'ясокомбінату в м. Дніпро.

Результати даної роботи можливо використати для оцінки ризиків та наслідків аварій та аварійних ситуацій при проектуванні промислових аміачних холодильних систем.

## Abstract

The qualification work is dedicated to the topic "Investigation and Evaluation of Risks and Consequences of Accidents and Emergency Situations in Industrial Ammonia Refrigeration Systems."

The qualification work consists of an explanatory note, a graphical part, and a presentation. The aim of the study is to analyze potential emergency situations and accidents in ammonia refrigeration installations, assess the probability of such events, and develop measures to prevent them. The adaptation of existing normative methods for calculating the energy potential of ammonia refrigeration system units and the analysis of the obtained results to make technological decisions for the system's configuration are also addressed.

A review of existing methodologies for calculating risks and consequences of accidents and emergency situations in ammonia refrigeration systems has been conducted. Long-term forecasting of the scale of chemical contamination in case of ammonia leakage from refrigeration system equipment has been carried out. The hazard level of individual blocks has been predicted. Calculations were performed based on the existing ammonia refrigeration unit of a meat processing plant in Dnipro city.

The results of this work can be utilized for evaluating the risks and consequences of accidents and emergency situations in the design of industrial ammonia refrigeration systems.



# 1. ВСТУП

Швидкі темпи розвитку холодильної техніки і систем кондиціонування були безпосередньо пов'язані з винайденням фреонів - насичених вуглеводнів, які містять фтор і хлор. Ці речовини, завдяки своїм унікальним властивостям, стали ідеальними холодоагентами, замінивши аміак, що раніше використовувався. Але наприкінці ХХ століття наукове відкриття призвело до зростання глобальних екологічних проблем, пов'язаних з використанням фреонів.

Міжнародні угоди, такі як Віденська конвенція про охорону озонового шару, Монреальський протокол, Рамкова конвенція ООН про зміну клімату, Кіотський протокол та інші, були укладені для вирішення екологічних питань, пов'язаних із забрудненням атмосфери та змінами клімату. Однак особливу увагу продовжує зосереджуватися на захисті озонового шару та проблемах зміни клімату.

Монреальським протоколом було заборонено використання хлорфторуглеродів, які руйнували озоновий шар (наприклад, R22, R12, R13, R502), а гідрофторвуглеці були визнані парниковими газами, що призводять до глобального потепління в рамках Кіотського протоколу.

Згідно з Монреальським протоколом, холодоагенти були класифіковані залежно від їх впливу на озоновий шар та призначення в коротко-, середньо- та довгостроковій перспективі. Після узгодження поправок до протоколу у 2007 році розвинені країни зобов'язалися зменшити виробництво та використання озоноруйнівних гідрохлорфторуглеродів (ГХФУ) на 75% до 2010 року, на 90% до 2015 року та повністю заборонити їх до 2020 року.

Зам. інв. №	Підпис і дата	Інв. №							Арк.
			КРМ.ХУКП.1.784-03.2.19						
			Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	



Рис.1 Класифікація альтернативних холодильних агентів.

Внаслідок прийнятих протоколів значно обмежився вибір холодоагентів у холодильній промисловості. При виборі агента ми повинні враховувати екологічні аспекти, такі як GWP (потенціал глобального потепління) та ODP (озоноруйнівний потенціал).

На сьогоднішній день холодильна галузь повертається до використання холодоагентів, яке припинилося після винайдення фреонів. Природні речовини, такі як аміак, вуглеводні та двоокис вуглецю, є екологічно чистими продуктами і безпечними для навколишнього середовища. Вони широко поширені в природі і доступні в промисловому виробництві.

Зам. інв. №								Арк.
Підпис і дата							KPM.XYKP.1.784-03.2.19	8
Інв. №								
		Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	

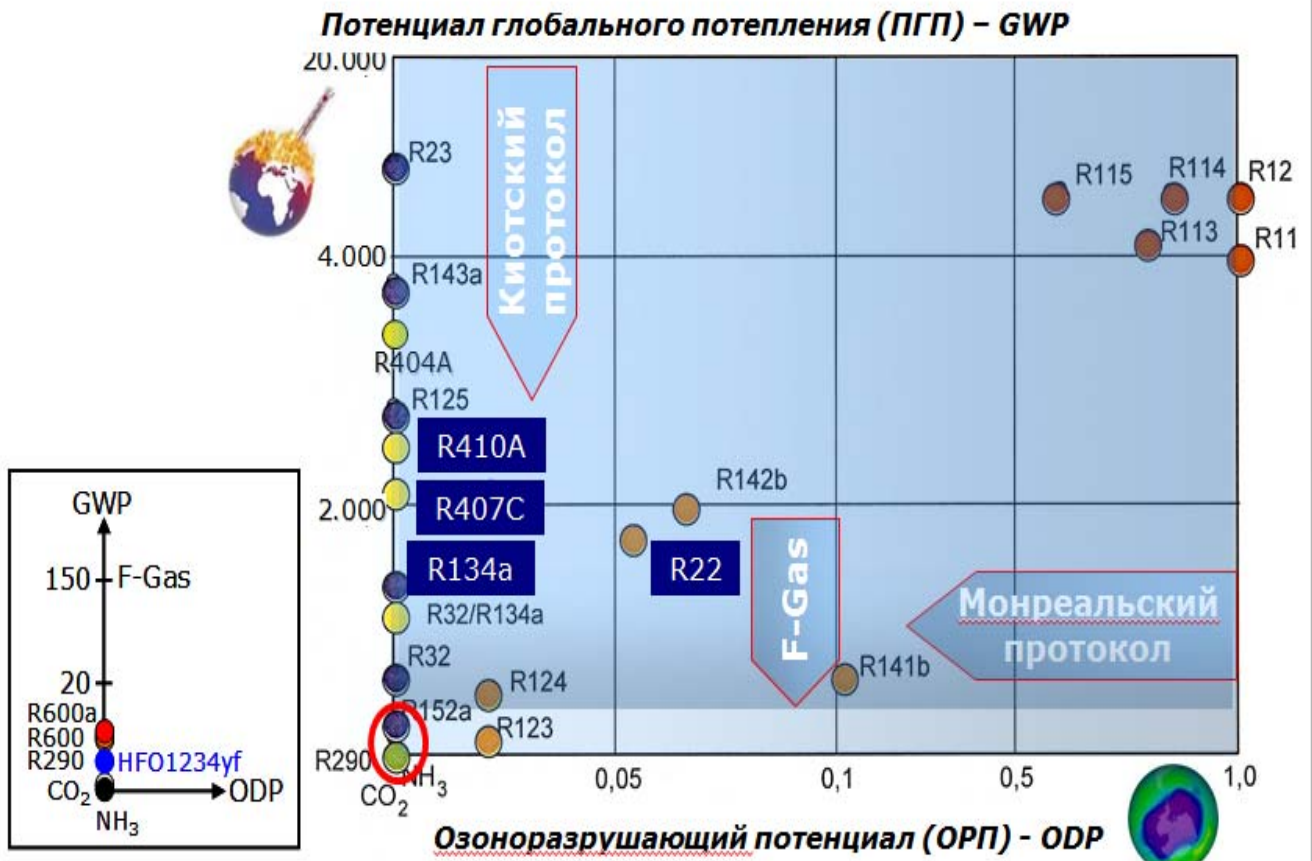


Рис.2 Влияние различных хладагентов на окружающую среду.

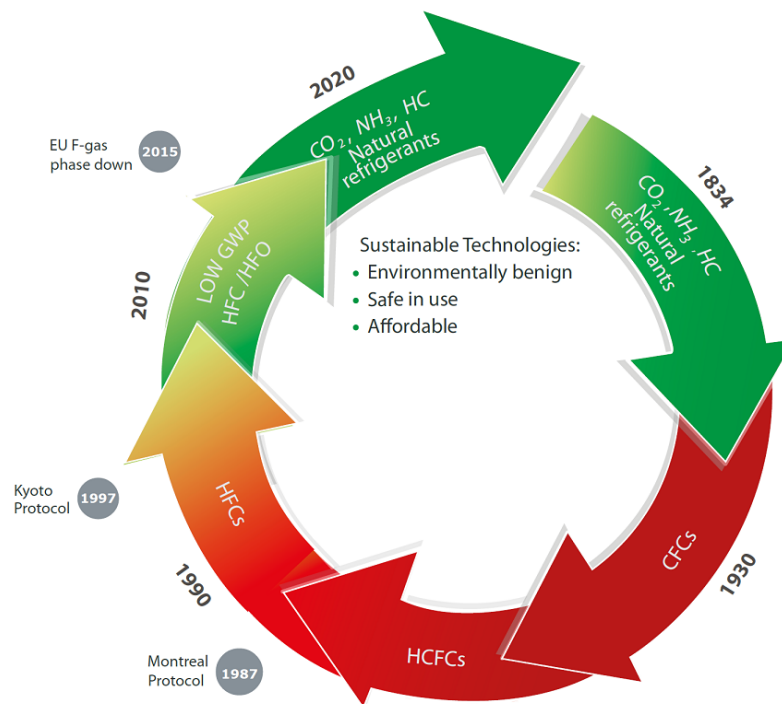


Рис. 3 Холодоагенты за 185 лет

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. №	

Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

Це рішення пов'язане з розумінням необхідності дбайливого ставлення до довкілля та зменшення впливу холодительної промисловості на зміни клімату. Не лише Європа, але і Україна активно впроваджують та розвивають екологічно чисті технології у сфері холодопостачання.

Вже зараз 75% обладнання Європи (за винятком Франції) для глибокого заморожування та низькотемпературного зберігання харчових продуктів працює на аміаку, і ця тенденція поширюється. Частину успіху можна пояснити високою енергоефективністю та низькими викидами аміаку, що є ключовими факторами в сучасних вимогливих до екології ринкових умовах.

Також слід відзначити, що розвиток нових холодительних установок і систем з аміаком включає не лише саме виробництво, але і забезпечення дозованої заправки холодоагенту та ефективного управління системами. Це сприяє підвищенню надійності та зменшенню витрат енергії.

Аміак, завдяки своїм позначкам у важливих екологічних категоріях, стає вибором для промислових холодительних систем у Канаді, США, Австралії, ряді країн Азії, Південної Америки та більшості країн Європи. Відновлення інтересу до аміаку обумовлено не лише його екологічністю, але й енергоефективністю, що стає ключовим чинником в сучасному світі, орієнтованому на сталу екологічність та сталу енергетику.

Також цікавим фактом є поширення застосування аміаку в областях, де раніше використовувались синтетичні холодоагенти. Наприклад, всі великі виставкові павільйони Німеччини для кондиціонування повітря використовують аміачні рідинні охолоджувачі. Також в будівлях банків, страхових компаній та інших установ кондиціонування повітря все частіше використовуються енергозберігаючі аміачні рідинні охолоджувачі, що свідчить про активний перехід до екологічно чистих технологій у різних галузях.

Після того, як аналіз ризиків показав, що потенціал небезпеки для відвідувачів аеропорту та його працівників не перевищує потенціал небезпеки використання синтетичних хладагентів, сучасні аеропорти все частіше вибирають аміачні охолоджувальні системи. Так, не лише змодернізований аеропорт Дюссельдорфа в Німеччині і новий 5-й термінал лондонського аеропорту Хітроу, але і аеропорт Цюриха в Швейцарії обладнані аміачними установками. Також у будівлі

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. №	

						KPM.HUKP.1.784-03.2.19	Арк.
							10
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

аеропорту міста Крайстчерч в Новій Зеландії фрахтовий підйомник заощаджує енергію завдяки використанню аміаку в системі охолодження.

Однак використання цих речовин у холодильній техніці вимагає спеціальних заходів щодо герметизації системи для уникнення витоків токсичних і пожежонебезпечних холодоагентів. Для забезпечення безпечної експлуатації аміачних установок і компенсації низької критичної температури і високого тиску в агрегатах, які працюють на вуглекислоті, необхідна більш складна механічна конструкція холодильних машин. Це може призвести до підвищення вартості обладнання і витрат на його експлуатацію.

Завдяки своєму природному походженню, аміак є абсолютно безпечним для навколишнього середовища. Він не руйнує озоновий шар і не викликає парникового ефекту, а його висока розчинність в воді не дозволяє йому залишатися в атмосфері.

### **Властивості аміака**

Аміак – безбарвний газ із задушливим різким запахом IV класу небезпеки (ГОСТ 12.1.005-88), суміш пари якого з повітрям при об'ємному вмісті 15-28% (107-200 мг/л) є вибухонебезпечною. Стиснутий та охолоджений аміак є безбарвною рідиною. У рідкому стані аміак – важкозаймиста речовина.

Найбільший тиск вибуху аміачно-повітряної суміші  $\approx 0,45$  МПа (4,5 кгс/см<sup>2</sup>). При об'ємному вмісті аміаку у повітрі понад 11% (78,5 мг/л) та наявності відкритого полум'я починається його горіння. Сам по собі аміак може горіти тільки в замкнутому просторі. На відкритому повітрі для підтримки горіння аміаку необхідне зовнішнє полум'я. Поширення фронту полум'я у аміаку можна простежити поглядом. При пожежі існує ймовірність, що цегляна будівля, що не має виходів для газоподібних продуктів згоряння, впаде, а будівля більш міцної конструкції, в якій є виходи для продуктів згоряння, наприклад вікна, конструкції, що легко скидаються, встоїть.

Аміачно-повітряні суміші у відкритому просторі не вибухають. У замкнених обсягах (приміщення, обладнання) вибух можливий.

Аміак, NH<sub>3</sub>, за нормальної температури є газом. Він легко розчиняється у воді, утворюючи комплексне з'єднання, спрощено позначається NH<sub>4</sub>OH. Це основа, тому нейтралізує кислоти, що приводить до виділенні великої кількості теплоти.

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. №	

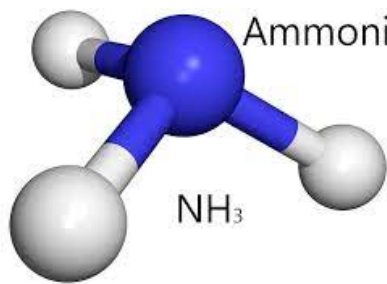
						КРМ.ХУКП.1.784-03.2.19	Арк.
							11
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Аміак – полярне з'єднання, тобто його молекула має позитивно і негативно заряджені частини, але в цілому є електрично нейтральною. Аміак – хороший розчинник, особливо для інших полярних сполук та солей.

Аміак, навіть при незначних концентраціях, має попереджуючий запах і подразнює очі та слизуваті оболонки носоглотки. Рідкий аміак викликає опіки шкіри і становить велику небезпеку у разі попадання в очі.

Рідкий аміак легше води, газоподібний аміак легше повітря. Як хімічна речовина аміак сильно асоційований і стійкий. Дисоціація починається при 450 – 500°C і атмосферному тиску. Більшість звичайних металів не взаємодіють з аміаком. Однак у сполученні з водою чи водяною парою аміак руйнує мідь, цинк, сплави, що містять мідь. Отже, ці матеріали не повинні використовуватися в АХУ, тому що можуть стати причинами аварій або аварійних ситуацій.

**Фізичні і фізіологічні властивості аміаку:**



- Ammonia – хімічна формула NH<sub>3</sub>;
- молекулярна маса 17;
- критична температура, °C 132,4;
- критичний тиск, МПа (кгс/см<sup>2</sup>) 11,52 (115,2);
- температура, °C:
- кипіння при 1013 гПа (760 мм рт. ст.) мінус 33,3;
- затвердіння мінус 77,9;
- запалення 630,0;
- об'ємний вміст аміаку в повітрі, % (мг/л):
- гранично припустимий в робочій зоні 0,0028 (0,02);
- не викликаючий наслідків після перебування протягом 60 хв. 0,035 (0,25);
- небезпечний для життя 0,05-0,1 (0,35-0,7);
- викликаючий смертельний випадок при впливі протягом 30-60 хв. 0,21-0,39 (1,5-2,7).

Будучи природним продуктом, аміак абсолютно нешкідливий для навколишнього середовища. Він не руйнує озон і не створює парниковий ефект, а хороша розчинність у воді не дозволяє, аміаку затримуватися в атмосфері.

Зам. інв. №						Підпис і дата	Арк.
Інв. №						КРМ.ХУКП.1.784-03.2.19	12
	Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис		

Таблиця 1.1 – Ступінь впливу пари аміаку в повітрі на організм людини

Вміст пари аміаку в повітрі, мг/м <sup>3</sup>	Відчуття або вплив на організм людини	Припустимі умови
20	Запах аміаку не відчувається	Гранично припустима концентрація. Гранична санітарна норма вмісту аміаку в повітрі
35	Відчувається запах нашатирного спирту	Припустима концентрація для перебування людей
70	Слабкий запах аміаку	Максимально припустима концентрація при тривалому перебуванні людей
100	Хронічні ураження	Шкідлива дія при тривалому перебуванні людей
200–350	Подразнення дихальних шляхів і горла	Максимально припустима концентрація при короткочасному перебуванні людей
300	Подразнення горла	Те ж
500	Сльозотеча і різь в очах	Шкідлива дія при короткочасному перебуванні людей
1200	Кашель	Небезпечна дія при короткочасному перебуванні людей
1500-2700	Гостре ураження зі смертельним наслідком	При дії протягом від півгодини до 1 години

### Аміак та законодавство України

На сьогодні в Україні законодавство відводить значну увагу правовому регулюванню використання об'єктів підвищеної небезпеки, оскільки їх функціонування може вплинути на життєдіяльність усього суспільства або його частини. Закон України "Про об'єкти підвищеної небезпеки" встановлює правові, економічні, соціальні та організаційні засади діяльності, пов'язаної з такими об'єктами. Головна мета закону полягає в захисті життя, здоров'я людей та довкілля від шкідливого впливу аварій на цих об'єктах.

Згідно з цим законом, об'єктом підвищеної небезпеки – єдиний майновий комплекс підприємства, що включає будь-які будівлі, виробництва (цехи, відділення, виробничі дільниці), окреме обладнання та джерела небезпеки, розташовані в межах території такого об'єкта, який за результатами ідентифікації об'єктів підвищеної небезпеки вважається об'єктом підвищеної небезпеки відповідного класу.

Державний нагляд і контроль у сфері об'єктів підвищеної небезпеки покладається на уповноважені органи влади, зокрема, спеціально уповноважені центральні органи виконавчої влади та їх територіальні підрозділи. Ці органи

№	№	Зам. інв. №	Підпис і дата							Арк.	
				КРМ.ХУКП.1.784-03.2.19							13
				Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

відповідають за охорону праці, забезпечення екологічної безпеки, захист населення від надзвичайних ситуацій, пожежної безпеки, санітарно-епідемічної безпеки та містобудування.

Такий підхід забезпечує комплексний контроль та забезпечення безпеки у сфері об'єктів підвищеної небезпеки відповідно до вимог законодавства України.

Відповідно до вказаних вимог, суб'єкт господарської діяльності, який володіє або експлуатує об'єкти підвищеної небезпеки, повинен:

1. Вживати заходів безпеки:

- Запобігати аваріям на об'єктах підвищеної небезпеки.
- Обмежувати та ліквідувати наслідки аварій.
- Забезпечувати захист людей і довкілля від негативного впливу аварій.

2. Повідомляти про аварії:

- Інформувати владні органи та органи місцевого самоврядування про аварії на об'єктах підвищеної небезпеки.
- Надавати інформацію про заходи, призначені для ліквідації наслідків аварій.
- Сповідати населення про аварійні ситуації.

3. Забезпечувати безпечну експлуатацію:

- Експлуатувати об'єкти підвищеної небезпеки, дотримуючись принципу мінімального можливого ризику.

4. Виконувати вимоги законодавства:

- Додержуватися вимог Закону України "Про об'єкти підвищеної небезпеки" та інших нормативно-правових актів, які регулюють діяльність об'єктів підвищеної небезпеки.

5. Ідентифікація та облік:

- Здійснювати ідентифікацію та облік об'єктів підвищеної небезпеки.

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. №	

						КРМ.ХУКП.1.784-03.2.19	Арк.
							14
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

- Дотримуватися порядку ідентифікації та обліку, визначеного постановою Кабінету Міністрів України від 13 вересня 2022 р. № 1030.

Зазначені заходи спрямовані на максимальний захист людей, довкілля та майна в умовах роботи з об'єктами підвищеної небезпеки.

Вимоги зазначеного Порядку не застосовуються до ідентифікації та обліку:

- потенційно небезпечних об'єктів військового призначення;
- потенційно небезпечних об'єктів, віднесених до таких у зв'язку з наявністю на них радіоактивних речовин; потенційно небезпечних об'єктів розвідки, видобутку та розробки корисних копалин, включаючи розвідку та розробку морського дна, наявність небезпечних речовин у яких обумовлена природними явищами, а їх кількість не може контролюватися;
- небезпечних речовин, що перевозяться за межами підприємства усіма видами транспортних засобів, крім транспортування по трубопроводах;
- гідротехнічних споруд.

Суб'єкт господарської діяльності, у власності або користуванні якого є хоча б один потенційно небезпечний об'єкт чи який має намір розпочати будівництво такого об'єкта, організовує проведення його ідентифікації.

Порядок ідентифікації об'єктів підвищеної небезпеки та ведення їх обліку Затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 13 вересня 2022 р. № 1030.

### **1.1 Ідентифікація об'єкта підвищеної небезпеки**

**Ідентифікація об'єкта підвищеної небезпеки проводиться трьома етапами.**

На першому етапі формується перелік небезпечних речовин, їх класів та категорій небезпеки, які розташовані або можуть бути розміщені виробничих одиницях об'єкта відповідно до проектної та технічної документації. У випадках, коли небезпечні речовини можуть відноситися до кількох класів чи категорій небезпеки, використовується найменша порогова маса для ідентифікації об'єктів підвищеної небезпеки.

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. №	

						КРМ.ХУКП.1.784-03.2.19	Арк.
							15
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Суміші розглядаються так само, як і чисті речовини, при умові, що їх концентрація відповідає вимогам Регламенту (ЄС) № 1272/2008 або його останньої версії, або зазначено конкретний вміст, за винятком випадків, коли надається конкретний процентний вміст чи інший опис.

Другий етап включає створення переліку виробничих одиниць, що містять небезпечні речовини (згідно з пунктом 5 Порядку).

На третьому етапі визначається маса небезпечних речовин в кожній виробничій одиниці та проводиться розрахунок загальної маси для кожної індивідуальної назви. Загальна маса береться:

- для сховищ - максимально допустима маса з урахуванням вимог нормативно-правових актів;
- для технологічних установок - максимальна маса за проектною або технічною документацією;
- для обладнання колонного типу - сумарна маса речовини при максимальному рівні рідини на тарілках, з урахуванням пористого інертного середовища;
- для магістральних нафтопроводів - сумарна маса речовини в лінійній частині між запірними пристроями;
- для магістральних газопроводів - сумарна маса в ділянці між запірною арматурою;
- для систем постачання природного газу - сумарна маса газу в системі при дотриманні проектного тиску;
- для трубопроводів - сумарна маса речовини в усьому трубопроводі;
- для операцій зливу-наливу - сумарна маса речовини в залізничних або автомобільних цистернах.

Якщо загальна маса визначених речовин досягає або перевищує порогову масу за індивідуальною назвою чи категорією небезпеки, об'єкт вважається об'єктом підвищеної небезпеки.

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. №	

						КРМ.ХУКП.1.784-03.2.19	Арк.
							16
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

У разі коли на об'єкті відсутні певні небезпечні речовини із загальною масою, що перевищує або дорівнює відповідній пороговій масі, з метою вирішення питання про віднесення об'єкта до об'єкта підвищеної небезпеки необхідно застосовувати такі формули:

$$\sum_{i=1}^n \frac{q_i}{Q_{1i}} \geq 1,$$

де  $q_i$  - маса окремої небезпечної речовини за індивідуальною назвою або класом небезпечної речовини (категорією безпеки);

$Q_{1i}$  - порогова маса окремої небезпечної речовини за індивідуальною назвою або класом небезпечної речовини (категорією безпеки) для об'єкта підвищеної небезпеки 1-3 класу;

Зазначена формула визначає, до якого класу слід віднести об'єкт підвищеної небезпеки, враховуючи порогові маси небезпечних речовин на об'єкті.

Об'єкт підвищеної небезпеки 1 класу:

Сума мас окремих небезпечних речовин  $q_i$ , що присутні на об'єкті, порівнюється з пороговою масою  $Q_{1i}$  для кожної речовини. Якщо загальна сума перевищує порогову масу, то об'єкт вважається об'єктом підвищеної небезпеки 1 класу.

Об'єкт підвищеної небезпеки 2 класу:

Аналогічно об'єкту 1 класу, але порогові маси і суми розраховуються для об'єкта підвищеної небезпеки 2 класу.

Об'єкт підвищеної небезпеки 3 класу:

Сума мас окремих небезпечних речовин  $q_i$  порівнюється з пороговою масою  $Q_{3i}$  для кожної речовини. Якщо загальна сума перевищує порогову масу, то об'єкт вважається об'єктом підвищеної небезпеки 3 класу.

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. №	

						КРМ.ХУКП.1.784-03.2.19	Арк.
							17
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

**ПОРОГОВІ МАСИ  
небезпечних речовин за індивідуальними назвами**

Порядковий номер	Індивідуальні назви небезпечних речовин	Номер CAS (примітка 1)	Норматив порогової маси, тонн, для віднесення об'єкта до об'єкта підвищеної небезпеки:		
			1 класу	2 класу	3 класу

35.	Безводний аміак	7664-41-7	200	50	12,5
-----	-----------------	-----------	-----	----	------

Застосування цих формул дозволяє систематизувати та класифікувати об'єкти підвищеної небезпеки в залежності від присутності та мас небезпечних речовин на них. Формули також передбачають визначення загроз впливу на здоров'я людини, об'єкти інфраструктури та навколишнє природне середовище, враховуючи вагу різних небезпечних речовин.

Додатково, важливо зазначити, що враховуються загальні порогові маси небезпечних речовин для різних класів об'єктів підвищеної небезпеки, а також ураховується мінімальна порогова маса для визначення об'єкта підвищеної небезпеки відповідного класу.

Наведені формули з метою оцінювання впливу небезпеки від небезпечних речовин на здоров'я людини, об'єкти інфраструктури (фізична небезпека) та навколишнє природне середовище застосовуються окремо для кожного виду загроз, а саме:

- для впливу на організм і здоров'я людини розраховується загальна маса небезпечних речовин, наведених у секції “Н” (“Загроза для здоров'я людини”);
- для впливу на об'єкти інфраструктури розраховується загальна маса небезпечних речовин, наведених у секції “Р” (“Фізичні загрози для об'єктів інфраструктури”);
- для впливу на навколишнє природне середовище розраховується загальна маса небезпечних речовин, наведених у секції “Е” (“Загрози для навколишнього природного середовища”);

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. №	

						КРМ.ХУКП.1.784-03.2.19	Арк.	
								18
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата			

– для розрахунку інших загроз використовується загальна маса небезпечних речовин секції “О” (“Інші загрози”).

При цьому використовується найменша порогова маса небезпечної речовини за її секцією та класом небезпечних речовин та категорією.

**ПОРОГОВІ МАСИ**  
небезпечних речовин за класами небезпечних речовин та категоріями безпеки

Класи небезпечних речовин та категорії безпеки	Норматив порогової маси, тонн, для віднесення об'єкта до об'єкта підвищеної безпеки:		
	1 класу	2 класу	3 класу

Секція “Н” Загрози для здоров'я людини (пункт 1 примітки)

Н1 ГОСТРА ТОКСИЧНІСТЬ Категорія 1, всі шляхи впливу	20	5	1,25
Н2 ГОСТРА ТОКСИЧНІСТЬ Категорія 2, всі шляхи впливу і категорія 3, шляхом інгаляційного впливу (пункт 46 примітки)	200	50	12,5
Н3 ВИБІРКОВА ТОКСИЧНІСТЬ Характеризується ураженням окремих органів-мішеней за умови однократного впливу на організм (ВТОМ-ОВ), категорія 1	200	50	12,5

Секція “Р” Фізичні загрози для об'єктів інфраструктури (пункти 2-45 примітки)

Р1а ВИБУХОВІ РЕЧОВИНИ (пункт 2 примітки) Нестабільні вибухові речовини або вибухові речовини, підклас 1.1, 1.2, 1.3, 1.5 чи 1.6, або речовини чи суміші, що мають вибухові властивості (пункт 3 примітки) та не належать до класів небезпек органічних перекисів або самореактивних речовин і сумішей	50	10	2
Р1б ВИБУХОВІ РЕЧОВИНИ (пункт 47 примітки) Вибухові речовини, підклас 1.4 (пункт 49 примітки)	200	50	12,5
Р2 ЗАЙМИСТІ ГАЗИ Зайmistі гази, категорія 1 або 2	50	10	2
Р3а ЗАЙМИСТІ АЕРОЗОЛІ (пункт 50 примітки) Зайmistі аерозолі категорії 1 або 2, що містять зайmistі гази категорії 1 або 2 чи зайmistі рідини	500 (маса нетто)	150 (маса нетто)	45 (маса нетто)

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. №	

						КРМ.ХУКП.1.784-03.2.19	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		19

категорії 1

P3b ЗАЙМИСТІ АЕРОЗОЛІ (пункт 50 примітки)  
 Зайmistі аерозолі категорії 1 або 2, що не містять  
 зайmistих газів категорії 1 або 2, чи зайmistі рідини  
 категорії 1 (пункт 51 примітки)

50 000 (маса нетто)      5000 (маса нетто)      500 (маса нетто)

P4 ОКИСНЮВАЛЬНІ ГАЗИ  
 Окислювальні гази, категорія 1

200      50      12,5

P5a ЗАЙМИСТІ РІДИНИ  
 Зайmistі рідини, категорія 1 або зайmistі рідини  
 категорії 2 або 3, які зберігають за температури, що  
 перевищує їх точку кипіння, або інші рідини з  
 температурою займання  $\leq 60^\circ \text{C}$ , які зберігають за  
 температури, що перевищує їх точку кипіння (пункт  
 52 примітки)

50      10      2

P5b ЗАЙМИСТІ РІДИНИ  
 Зайmistі рідини категорії 2 або 3, у тому разі, коли  
 особливі умови оброблення такі як високий тиск або  
 висока температура, можуть створити загрозу  
 виникнення значних аварій, або інші рідини з  
 температурою займання  $\leq 60^\circ \text{C}$ , у тому разі, коли  
 особливі умови оброблення, такі як високий тиск або  
 висока температура, можуть створити загрозу  
 виникнення значних аварій (пункт 52 примітки)

200      50      12,5

P5c ЗАЙМИСТІ РІДИНИ  
 Зайmistі рідини категорії 2 або 3, не передбачені в  
 рядках P5a і P5b

50 000      5000      500

P6a САМОРЕАКТИВНІ РЕЧОВИНИ ТА СУМІШІ, А  
 ТАКОЖ ОРГАНІЧНІ ПЕРЕКИСИ  
 Самореактивні речовини та суміші, тип А або В або  
 органічні перекиси, тип А або В

50      10      2

P6b САМОРЕАКТИВНІ РЕЧОВИНИ ТА СУМІШІ, А  
 ТАКОЖ ОРГАНІЧНІ ПЕРЕКИСИ  
 Самореактивні речовини та суміші, тип С, D, E або F  
 або органічні перекиси, тип С, D, E або F

200      50      12,5

P7 ПІРОФОРНІ РІДИНИ ТА ТВЕРДІ РЕЧОВИНИ  
 Пірофорні (самозайmistі) рідини, категорія 1  
 Пірофорні (самозайmistі) тверді речовини, категорія  
 1

200      50      12,5

P8 ОКИСНЮВАЛЬНІ РІДИНИ ТА ТВЕРДІ  
 РЕЧОВИНИ  
 Окислювальні рідини, категорія 1, 2 або 3 чи

200      50      12,5

Зам. інв. №	Підпис і дата	Інв. №						
			Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

KPM.XYKP.1.784-03.2.19

Арк.

20

окислювальні тверді речовини, категорія 1, 2 чи 3

Секція “Е” Загрози для навколишнього природного середовища

E1 Категорія 1: гостра небезпека для водного середовища, або Категорія 1: хронічна небезпека для водного середовища 200 100 20

E2 Категорія 2: хронічна небезпека для водного середовища 500 200 80

Секція “О” Інші загрози

O1 Речовини та суміші з характеристикою небезпеки EUN014 (бурхливо реагують з водою) 500 100 20

O2 Речовини та суміші, які у разі контакту з водою виділяють займісті гази, категорія 1 500 100 20

O3 Речовини та суміші з характеристикою небезпеки EUN029 (можуть утворювати вибухонебезпечні пероксиди) 200 50 12,5

Примітки:

1. Залежно від характеру загрози для здоров'я людини речовини можуть бути віднесені до класів небезпечних речовин H1 і H2 за параметрами гострої токсичності у разі однократного введення у шлунок або нанесення на шкіру, а також інгаляційного впливу протягом чотирьох годин. Категорії небезпеки гострої токсичності та їх значення викладені у таблиці 3. Значення гострої токсичності виражені у показниках ЛД50 для перорального та термального шляху надходження і ЛК50 у разі інгаляційного впливу. У разі неможливості досягнення ЛД50 або ЛК50 для визначення класу небезпеки можуть бути враховані виражені клінічні ознаки токсичної дії.

Шляхи впливу на організм	Категорія небезпеки 1	Категорія небезпеки 2	Категорія небезпеки 3	Категорія небезпеки 4	Категорія небезпеки 5
Пероральний, мг/кг маси тіла	≤ 5	> 5 ≤ 50	> 50 ≤ 300	>300 ≤ 2000	більше 2000 до 5000
Дермальний, мг/кг маси тіла	≤ 50	> 50 ≤ 200	> 200 ≤ 1000	> 1000 ≤ 2000	

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. №	

						КРМ.ХУКП.1.784-03.2.19	Арк.
							21
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Газ, млн. <sup>3</sup> V (частин на мільйон об'єму повітря)	≤ 100	> 100 ≤ 500	> 500 ≤ 2500	> 2500 ≤ 20 000	якщо є підтвердження експертів про гостру токсичність, яка не відповідає критеріям категорії небезпеки 4
Пара, мг/л повітря	≤ 0,5	> 0,5 ≤ 2	> 2 ≤ 10	> 10 ≤ 20	
Пил або туман, мг/л повітря	≤ 0,05	> 0,05 ≤ 0,5	> 0,5 ≤ 1	> 1 ≤ 5	

Специфічна вибіркова токсичність, що характеризується ураженням окремих органів-мішеней у разі однократного впливу (ВТОМ-ОВ), має три категорії небезпеки:

категорія 1 - небезпечні речовини, що викликають значну токсичність у людей або такі, що на підставі досліджень на тваринах можуть вважатися потенційно токсичними для людей внаслідок однократного впливу;

категорія 2 - небезпечні речовини, які внаслідок випробувань на тваринах можуть вважатися потенційно небезпечними для людини після однократного впливу;

категорія 3 - небезпечні речовини, які мають транзитний вплив на здоров'я людини, тобто після незначного періоду впливу їх дія може припинитися за дуже короткий період часу, не викликаючи значних порушень в органах людини або функціональних порушень. До таких речовин можуть належати наркотичні речовини або такі, що викликають подразнення очей або дихальних шляхів.

Інформація, що фіксується на кожному з трьох етапів ідентифікації, вноситься до Реєстру для автоматизованої ідентифікації. Після цього формується повідомлення у вигляді ОПН-1 та надсилається до ДСНС або її територіального органу за місцем знаходження об'єкта. Мета - перевірка повноти інформації та прийняття рішення про віднесення об'єкта до об'єкта підвищеної небезпеки відповідного класу.

Перед введенням Реєстру в дію складається повідомлення ОПН-1, яке подається до ДСНС або її територіального органу за місцезнаходженням об'єкта. Мета - перевірка наведеної інформації та рішення про віднесення об'єкта до об'єкта підвищеної небезпеки відповідного класу.

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. №	

						КРМ.ХУКП.1.784-03.2.19	Арк.
							22
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Розрахунки, проведені під час ідентифікації об'єкта підвищеної небезпеки, оформлюються у вигляді розрахунково-пояснювальної записки, до якої додаються підтвердні матеріали щодо віднесення речовини до відповідного класу небезпечних речовин та категорії небезпеки. Це додається до повідомлення ОПН-1 і враховується при перевірці повноти інформації.

ДСНС або її територіальний орган приймає рішення про віднесення (невіднесення) об'єкта до категорії підвищеної небезпеки відповідного класу або його виключення з Реєстру протягом 20 робочих днів після отримання повідомлення від суб'єкта господарювання. Суб'єкт господарювання інформується про це, а також місцева держадміністрація, органи місцевого самоврядування та органи державного нагляду (контролю), які здійснюють нагляд у сфері діяльності, пов'язаної з об'єктами підвищеної небезпеки.

Якщо суб'єкт господарювання подає неповну чи неточну інформацію про результати ідентифікації, ДСНС або її територіальний орган письмово повідомляє про це суб'єкта господарювання протягом 10 робочих днів після виявлення цього факту. Суб'єкт господарювання повинен опрацювати відповідну інформацію та подати відкориговане повідомлення ОПН-1 для розгляду в установленому порядку.

Ідентифікацію об'єкта підвищеної небезпеки вважається завершеною, коли суб'єкт господарювання отримав письмове (електронне) повідомлення від ДСНС або її територіального органу про віднесення об'єкта до категорії підвищеної небезпеки відповідного класу, або про підтвердження того, що об'єкт не віднесено до об'єктів підвищеної небезпеки.

Міноборони встановлює порядок надання інформації про об'єкти підвищеної небезпеки, які управляються Міноборони, для їх включення або виключення з Реєстру за погодженням із ДСНС.

Для об'єктів, що знаходяться на етапі проектування, ідентифікація об'єкта підвищеної небезпеки проводиться до затвердження проектної документації з урахуванням вимог законодавства щодо впровадження розділу інженерно-технічних заходів цивільного захисту.

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. №	

						КРМ.ХУКП.1.784-03.2.19	Арк.
							23
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Суб'єкти господарювання, які експлуатують об'єкти підвищеної небезпеки, що включені до Реєстру, протягом року після введення цього Порядку в дію проводять їх ідентифікацію.

Місцеві держадміністрації та органи місцевого самоврядування, на території яких розташовані ідентифіковані об'єкти підвищеної небезпеки, розміщують на своїх офіційних веб-сайтах протягом 30 днів після отримання інформації від ДСНС або її територіального органу відомості про об'єкти підвищеної небезпеки, а саме:

- юридична адреса оператора;
- повне та скорочене найменування об'єкта підвищеної небезпеки;
- фактична адреса об'єкта підвищеної небезпеки;
- клас об'єкта підвищеної небезпеки.

Оператор повторно здійснює ідентифікацію об'єкта підвищеної небезпеки протягом 60 календарних днів у випадках:

Зміни форми власності або організаційно-правової форми оператора;

Змін технічних характеристик об'єкта, пов'язаних із змінами кількості та/або номенклатури небезпечних речовин;

Зміни найменування суб'єкта господарювання, який експлуатує об'єкт підвищеної небезпеки;

Внесення змін до чинних або прийняття нових нормативно-правових актів, що стосуються порядку проведення ідентифікації об'єктів підвищеної небезпеки або впливають на її результати.

Виключення об'єкта з Реєстру може бути здійснено рішенням ДСНС або її територіального органу після розгляду матеріалів повторної ідентифікації, за умови, що об'єкт не віднесений до об'єктів підвищеної небезпеки відповідного класу. Виключення також може статися в разі ліквідації або виведення з експлуатації об'єкта підвищеної небезпеки.

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. №	

						КРМ.ХУКП.1.784-03.2.19	Арк.	
								24
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата			

Виключення об'єкта з Реєстру може також здійснюватися результатами державного нагляду (контролю), якщо виявлено факт ліквідації об'єкта або якщо в Єдиному державному реєстрі зазначено припинення господарської діяльності оператора.

Про прийняте рішення щодо виключення об'єкта повідомляється суб'єкту господарювання, місцевим держадміністраціям, органам місцевого самоврядування та органам державного нагляду (контролю) письмово протягом 20 робочих днів після одержання матеріалів повторної ідентифікації та відповідних документів від оператора. У разі відмови виключити об'єкт, ДСНС або її територіальний орган має надати оператору обґрунтовані мотиви відмови.

Результати ідентифікації та розрахунки зберігаються оператором протягом усього періоду експлуатації об'єкта. У разі відчуження об'єкта, зміни форми власності або організаційно-правової форми оператора, ці дані передаються новому суб'єкту господарювання.

Суб'єкт господарювання несе відповідальність за своєчасну, повну і достовірну проведену ідентифікацію об'єктів підвищеної небезпеки відповідно до законодавства.

## 1.2 Планів локалізації та ліквідації аварійних ситуацій і аварій ПЛАС

Також на підприємстві розробляється планів локалізації та ліквідації аварійних ситуацій і аварій ПЛАС

Згідно з вимогами статті 11 Закону України «Про об'єкти підвищеної небезпеки» ПЛАС погоджує відповідний територіальний орган спеціально уповноваженого центрального органу виконавчої влади, до компетенції якого віднесено питання захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру. Обсяг, зміст, форма і порядок надання інформації встановлюються спеціально уповноваженим центральним органом виконавчої влади, до відання якого віднесено питання захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру.

Зам. інв. №	Підпис і дата	Інв. №							Арк.
			КРМ.ХУКП.1.784-03.2.19						
			Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	

Проведення експертизи аналітичної частини ПЛАС, погодження ПЛАС з територіальними управліннями Держгірпромнагляду, Державної санітарно-епідеміологічної служби та органами місцевого самоврядування чинним законодавством не передбачено

Метою плану локалізації і ліквідації аварійних ситуацій і аварій є планування дій (взаємодії) персоналу підприємства, спецпідрозділів, населення, центральних і місцевих органів виконавчої влади та органів місцевого самоврядування щодо локалізації і ліквідації аварій та пом'якшення їх наслідків.

Розробка ПЛАС може виконуватися власником самостійно або із залученням спеціалізованих організацій.

ПЛАС розробляється з урахуванням усіх станів підприємства (об'єкта): пуск, робота, зупинка і ремонт.

### **ПЛАС ґрунтується на наступних принципах та етапах:**

Прогнозування сценаріїв виникнення аварій: Аналізується ймовірність виникнення різних аварійних ситуацій, враховуючи різні фактори та умови.

Поступовий аналіз сценаріїв розвитку аварій і масштабів їх наслідків: Розглядаються можливі сценарії розвитку аварій, визначаються можливі наслідки та масштаби збитків для різних стадій аварійних ситуацій.

Оцінка достатності існуючих заходів, які перешкоджають виникненню і розвитку аварії: Перевіряється ефективність існуючих заходів та протипожежних систем, спрямованих на запобігання аваріям.

Оцінка технічних засобів локалізації аварій: Аналізується ефективність існуючих технічних засобів та систем, спрямованих на локалізацію та мінімізацію наслідків аварій.

Аналіз дій виробничого персоналу та спеціальних підрозділів щодо локалізації аварійних ситуацій: Вивчаються та оцінюються дії персоналу та спеціальних

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. №	

						КРМ.ХУКП.1.784-03.2.19	Арк.	
								26
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата			

підрозділів під час аварій, зокрема, їх ефективність у локалізації та управлінні аварійними ситуаціями.

ПЛАС спрямований на покращення систем безпеки та запобігання можливим аваріям шляхом ретельного аналізу та вдосконалення заходів, які допомагають управляти та контролювати аварійні ситуації.

### 1.3 Статистичні дані аварій спричинених аміаком.

Аварія на об'єкті підвищеної небезпеки визначається як небезпечна подія техногенного характеру, що виникла внаслідок змін під час експлуатації об'єкта підвищеної небезпеки, таких як наднормативний викид небезпечних речовин, пожежа, вибух та інші, і яка призвела до загибелі людей або створює загрозу життю, здоров'ю людей чи довкіллю на його території або за його межами.

Аварійні ситуації та аварії в аміачних холодильних установках можуть виникнути внаслідок порушення вимог "Правил будови і безпечної експлуатації аміачних холодильних установок" та "Рекомендацій щодо безпечної експлуатації обладнання систем аміачних холодильних установок". Ці порушення можуть включати неправильні дії обслуговуючого персоналу під час експлуатації, поломки обладнання та вимірювальних приладів, пожежі, стихійні лиха, руйнування будівель і споруд, а також акти тероризму.

Частіше всього аварії стаються через недотримання правил експлуатації та регламентів, порушення інструкцій з охорони праці та трудової дисципліни, відсутність або непрацездатність приладів захисної автоматики та запобіжних пристроїв. Також недосконалість систем охолодження, включаючи помилки в проектуванні та недоліки схемних рішень, може бути причиною аварій та аварійних ситуацій.

Класифікація причин аварій (нещасних випадків) в залежності від виду операції обслуговування устаткування така:

- обслуговування компресора - 47,7%, з них пуск - 33,4%, звичайна робота - 14,3%;
- обслуговування циркуляційних і захисних ресіверів, відокремлювачів рідини - 2,4%;

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. №	

						КРМ.ХУКП.1.784-03.2.19	Арк.
							27
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

- обслуговування промпосудин - 7,1%;
- ремонт та монтаж обладнання, арматури - 9,5%;
- заповнення системи аміаком, наповнення аміаком балонів - 4,8%;
- випуск масла з системи - 4,8%;
- відтавання снігової шуби з охолоджувальних пристроїв - 7,1%;
- обслуговування систем охолодження проміжного холодоносія - 7,1%;
- обслуговування конденсаторів - 2,4% ;
- інші технологічні операції і регламентні роботи - 7,1%.

Не зважаючи на підвищення вимог до техногенної безпеки виробництв – відбуваються аварії, які становлять загрозу населенню, природі та наносять матеріальні збитки. Актуальний приклад цього – аварія у серпні 2013 року на заводі ПАТ «Концерн Стирол» (м. Горлівка, Донецька область), де розгерметизувалася система подачі аміаку істворилися небезпечні умови для людей та загроза вибуху. Ця аварія стала найбільш масштабною на підприємствах хімічної промисловості за час незалежності України. У жовтні 2013 року на території холодильно-складського комплексу, що не працює з 2011 року, почалося просочування аміаку з ємності внаслідок її корозії. Поки що ситуація розвивається безконтрольно.

На зборах відзначено, що на Україні існує багато об'єктів зі зберіганням та використанням аміаку (близько 117 тис. т). Найбільші з них це «Одеський припортовий завод», «Рівнеазот», черкаський «Азот», горловський «Стирол», аміакопровод «Тольяті – Одеса», також широко використовують аміачні промислові холодильні установки в різних галузях промисловості.

Відомо, що на заводі ПАТ «Концерн Стирол» внаслідок корозії та по місцю зварного шву відбулася розгерметизація міжцехового колектору діаметром 150 мм під робочим тиском 12 атм. , через тріщину довжиною 10 см в повітря потрапило 600 кг аміаку, загинуло 6 осіб. У ЗМІ немає чітких даних про причини загибелі людей. Можна припустити: протигазів не вистачило; їх не встигли надіти; протигазові коробки не витримали над великої концентрації аміаку і відбувся прорив за п'ять хвилин роботи; прямий контакт з низькою температурою рідкого аміаку «-70 оС»;

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. №	

						КРМ.ХУКП.1.784-03.2.19	Арк.
							28
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		



	аміаком. З балона, в якому ще перебував аміак, стався витік, і уторилась невелика аміачна хмара.
Лютий 2007	У лютому 2007 року в Дзержинську Нижегородської області стався викид аміаку з теплообмінника в цеху етанол-аміну ТОВ "Синтез-Ока". Витік стався в результаті розгерметизації фланцевого з'єднання апарату Т 12, призначеного для випаровування аміаку.
7 червня 2007	7 червня 2007 року через витік аміаку на судні в порту Петропавловська чотири людини отримали отруєння, один загинув. В цілому в повітря потрапило близько двох тонн аміаку з п'яти тонн, що знаходилися на судні.
17 вересня 2008	17 вересня 2008 року на ВАТ "Молочний комбінат" Балтійське молоко ", що входить до групи" Вімм-Білл-Данн ", стався розрив трубопроводу, що подає аміак на виробництво, і викид аміаку.
16.січня.2009 р.	На Бусіновском м'ясокомбінаті на півночі Москви в компресорному цеху стався витік аміаку. Аварія сталася внаслідок подання холодильного агента в відключений трубопровід, який не був заглушений. Для надання допомоги з ліквідації аварії були залучені пожежники і рятувальники МНС. В результаті аварії постраждали 12 осіб.
06.червня .2009 р.	На підприємстві "Росмясмолоко" (м.Санкт-Петербург) стався викид аміаку. При проведенні робіт навантажувач пошкодив технологічний трубопровід холодильної установки. На місце події виїхала група рятувальників МНС. Постраждалих не було.
01 вересня 2009 р	На Уссурійському рибопереробному заводі стався витік аміаку внаслідок корозії арматури аміачної холодильної установки. Про аварію в Єдину чергово-диспетчерської служби міста Уссурійська повідомив майстер компресорного цеху. Весь персонал підприємства був евакуйований, постраждалих не було. Всього для ліквідації наслідків аварії залучалося 48 чоловік та 17 одиниць техніки, з них від МНС – 28 осіб і дев'ять одиниць техніки.
22 листопада 2010	Стався прорив трубопроводу з аміаком на холодокомбінаті на півночі Москви. Під час проведення ремонтних робіт на території холодокомбінату, розташованого за адресою: Ленінградське шосе, будинок 69, розгерметизувалася 10 міліметрова труба, по якій проходить аміак. Автоматичний захист перекинула подачу аміаку. Люди були евакуйовані, потерпілих немає. Хмара небезпечних не вийшло за межі території підприємства.
10 червня 2011 ОАО "Хладокомбинат"	Викид аміаку стався в Великому Новгороді. На ВАТ "Холодокомбінат" стався викид кубометра аміаку. За медичною допомогою звернулися 14 осіб.. Причиною події стала помилка оператора ВАТ "Холодокомбінат", який подав аміак в експлуатованим трубопровід.
11 грудня 2011	Витік аміаку сталася в одному з цехів Белорецького металургійного комбінату. Витекло 50 літрів конденсату

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. №	

Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

КРМ.ХУКП.1.784-03.2.19

Арк.

30





## 2.ВИХІДНІ ДАННІ ОБ'ЄКТА

**Місце розташування об'єкта:** м. Дніпро

**Призначення аміачної холодильної установки:** створення і підтримання температурних режимів заморожування, доморожування, доохолодження і зберігання м'яса птиці

**Ємність холодильної установки по робочому тілу (холодильному агенту):** - 17,4 тонн аміаку.

**Основні технологічні вузли холодильної системи:**

- обладнання АХС в камерах №11 - 15, що працюють в режимі зберігання охолоджених вантажів. Температурний режим холодильних камер ( $t_k = 0$  °С) підтримується повітроохолоджувачами ( $t_0 =$  мінус 9 °С);
- обладнання АХС в камерах №21 – 25, 31 – 36, що працюють в режимі зберігання морожених вантажів. Температурний режим холодильних камер ( $t_k =$  мінус 20 °С) підтримується повітроохолоджувачами ( $t_0 =$  мінус 29 °С);
- технологічне холодильне обладнання для охолодження (ПКО1, ПКО2) і швидкого заморожування продукції;
- компресорний цех аміачної холодильної установки;
- конденсаторне відділення аміачної холодильної установки.

Транспортування холодоагенту в прилади охолодження холодильника і від них здійснюється по замкнутим контурам з допомогою циркуляційних насосів, установлених в апаратній відділенні компресорного цеху.

Розподіл аміаку по швидко морозильним апаратам і повітроохолодникам, вибір режиму роботи (робочий режим, режим відтаювання інею з теплообмінних поверхонь приладів охолодження) здійснюється автоматично.

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. №	

						КРМ.ХУКП.1.784-03.2.19	Арк.
							33
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

## 2.1 Основні технічні характеристики АХУ

Таблиця 2.1 Характеристики приміщень холодильника

Камера	Призначення	Площа, м <sup>2</sup>	T <sub>надх.</sub> , °C (допустима розрахункова)	t <sub>кам.</sub> , °C	E <sub>кам.</sub> , тонн	Макс. надходження за добу, тонн
<b>Холодильник 1 поверх</b>						
-	Експедиція м'ясопродуктів	1224	+8	+8	-	380
-	Коридор	1290	+8	+10	-	-
№ 10	Експедиція м'ясопродуктів	124	+6	0	36,4	36,4
№ 11	Зберігання охолодженої продукції	324	+6	0	139	139
№ 12	Зберігання охолодженої продукції	324	+6	0	121	121
№ 13	Зберігання охолодженої продукції	354	+6	0	150,5	150,5
№ 14	Зберігання охолодженої продукції	514	+6	0	152	152
№ 15	Зберігання охолодженої продукції	382,5	+6	0	136,5	136,5
-	Експортний цех	764	+7	+6	-	-
<b>Холодильник 2 поверх</b>						
№ 21	Зберігання замороженої продукції	581	-18	-20	548,1	548,1
№ 22	Зберігання замороженої продукції	581	-18	-20	515,6	515,6
№ 23	Зберігання замороженої продукції	581	-18	-20	515,6	515,6
№ 24	Зберігання замороженої продукції	581	-18	-20	515,6	515,6
№ 25	Зберігання замороженої продукції	581	-18	-20	548,1	548,1
-	Експортний цех	773	-8	+6	-	-
<b>Холодильник 3 поверх</b>						
№ 31	Зберігання замороженої продукції	563	-16	-20	526,4	52,6
№ 32	Зберігання замороженої продукції	551	-16	-20	518,7	51,9
№ 33	Зберігання замороженої продукції	581	-16	-20	548,1	54,8
№ 34	Зберігання замороженої продукції	581	-16	-20	548,1	54,8
№ 35	Зберігання замороженої продукції	551	-16	-20	518,7	51,9
№ 36	Зберігання замороженої продукції	765	-16	-20	678,2	67,8

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. №	

Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	КРМ.ХУКП.1.784-03.2.19	Арк.
							34

Таблиця 2.2 Характеристики технологічного холодильного обладнання

№ п/п	Найменування апаратів	Продуктивність	Споживання
1	Багатоповерховий картонажний морозильник Heinen Packfrost pf 7 / 225 D (картонажник)	Холодовидатність 1210 кВт 12000 кг/год (тушка курки 0,9-1,5 кг у п/е пакеті сира упакована у відкритий картонний короб) Температура вх./вих.=+6/-18 °С	Енергоспоживання 179 кВт, 3х400В, 50Гц 1х240 В, 50 Гц
2	Спіральний швидко морозильний апарат	Холодовидатність 600 кВт	Енергоспоживання 105,6 кВт, 3х400В, 50Гц
3	Плівковий охолоджувач води	Холодовидатність 428 кВт	

Таблиця 2.3 Характеристика холодильної системи

Холодильна система	Температура випаровування, $t_0$ , °С	Температура конденсації, розрахункова, $t_k$ , °С	Холодовидатність Q, кВт	Установлена потужність ел. дв. компресорів, кВт
<b>Холодильна система <math>t_0=-41</math> °С на базі:</b> агрегат компресорний гвинтовий Grasso модель SP2 XAE-6D(R) – 3 шт.	- 41	+32	3х636,2	3х200+3х200
<b>РАЗОМ</b>			1908,6	1200
<b>Холодильна система <math>t_0=-29</math> °С на базі:</b> агрегат двохкомпресорний гвинтовий Grasso модель SPduo WD-3B – 1 шт. (існуючий)	- 29	+32	2х541	2х250
<b>РАЗОМ</b>			1082	500
<b>Холодильна система <math>t_0=-9</math> °С на базі:</b> агрегат компресорний гвинтовий Grasso модель SP1 WB-1D (з частотним перетворювачем) – 1 шт. агрегат компресорний гвинтовий Grasso модель SP1 WB-1D – 2 шт.	- 9	+32	1х1555,3 2х1390,4	1х400 2х355
<b>РАЗОМ</b>			4336,1	1110
<b>Холодильна система <math>t_0=-4</math> °С на базі:</b> агрегат компресорний гвинтовий Grasso модель SP1 WB-1B – 1 шт. агрегат компресорний гвинтовий Grasso модель SP1 SB-1B – 1 шт.	- 4	+32	1х1683,4 1х1099	1х355 1х250
<b>РАЗОМ</b>			2782,4	605

Зам. інв. №

Підпис і дата

Інв. №

KPM.XUKP.1.784-03.2.19

Арк.

35

Зм. Кільк. Арк. № док. Підпис Дата

Таблиця 2.4 Характеристики споживачів штучного холоду

№ п/п	Камера /апарат	Температура кипіння / холодоносія °С*	Q <sub>0</sub> , кВт	Кількість повітроохолоджувачів, апаратів, шт.	Q <sub>сум.</sub> , кВт	Сумарна установлена потужність ел.дв. п/о, кВт
1	Виробничий цех	мінус 1 / +2	18,5	26	481	3x0,18x26=14,04
2	Камера ПК0.1	мінус 9	187,5	9	1500	8x2,2x9=158,4
3	Камера ПК0.2	мінус 9	87,5	9	700	7x1,5x9=94,5
4	Переохолодження аміаку для систем -29 і -41 °С	мінус 9	341	1	341	
<b>РАЗОМ</b>						<b>266,94</b>
<b>Холодильник 1 поверх</b>						
5	Камера №10	мінус 9	14,3	1	14,3	0,6x2x1=1,2
6	Камера №11	мінус 9	19	3	57	0,6x2x3=3,6
7	Камера №12	мінус 9	19	3	57	0,6x2x3=3,6
8	Камера №13	мінус 9	19	3	57	0,6x2x3=3,6
9	Камера №14	мінус 9	14,3	3	42,9	0,6x2x3=3,6
10	Камера №15	мінус 9	28,5	2	57	0,6x3x2=3,6
11	Коридор	мінус 1 / +3	10	3	30	1,5x2x3=9
12	Експедиція	мінус 1	30	5	150	0,62x4x5=12,4
13	Експортний цех	мінус 1	19,3	4	77,2	0,62x3x4=7,44
<b>РАЗОМ</b>						<b>48,04</b>
<b>Холодильник 2 поверх</b>						
14	Камера №21	мінус 29	34	2	68	0,84x2x4=6,72
15	Камера №22	мінус 29	34	2	68	0,84x2x4=6,72
16	Камера №23	мінус 29	34	2	68	0,84x2x4=6,72
17	Камера №24	мінус 29	34	2	68	0,84x2x4=6,72
18	Камера №25	мінус 29	34	2	68	0,84x2x4=6,72
19	Експортний цех	мінус 1	7	3	21	0,54x2x3=3,24
<b>РАЗОМ</b>						<b>36,84</b>
<b>Холодильник 3 поверх</b>						
20	Камера №31	мінус 29	34	2	68	0,84x2x4=6,72
21	Камера №32	мінус 29	34	2	68	0,84x2x4=6,72
22	Камера №33	мінус 29	34	2	68	0,84x2x4=6,72
23	Камера №34	мінус 29	34	2	68	0,84x2x4=6,72
24	Камера №35	мінус 29	34	2	68	0,84x2x4=6,72
25	Камера №36	мінус 29	34	2	68	0,54x2x3=3,24
<b>Технологічне обладнання виробництва</b>						
26	Плівковий охолоджувач води	мінус 1	428	1	428	-
27	Багатоповерховий картонажний морозильник	мінус 41	242	6	1210	179
28	Спиральний швидкоморозильний апарат	мінус 41	600	4	600	6,6x4x4=105,6
29	Припливна установка П1 системи вентиляції	мінус 1	787	1	787	-
30	Припливна установка П2 системи вентиляції	мінус 1	398	1	398	-
31	Припливна	мінус 1	199	1	199	-

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. №	

KPM.ХУКП.1.784-03.2.19

Арк.

36

Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата
-----	--------	------	--------	--------	------

№ п/п	Камера /апарат	Температура кипіння / холодоносія °С*	Q <sub>0</sub> , кВт	Кількість повітроохолоджувачів, апаратів, шт.	Q <sub>сум.</sub> , кВт	Сумарна установлена потужність ел.дв. п/о, кВт
	установка П3 системи вентиляції					
32	Припливна установка П4 системи вентиляції	мінус 1	156	1	156	-

\* - температури холодоносія і кипіння вказані без урахування теплових і гідравлічних втрат.

Максимальна потреба об'єкта в штучному холоді (в залежності від вантажообігу і періоду року) після технічного переоснащення на розрахунковому режимі складає:

на температурному рівні мінус 41°С ~ 1810 кВт (98,6 кВт резерв);

на температурному рівні мінус 29°С ~ 340 кВт (201 кВт резерв);

на температурному рівні мінус 9°С ~ 3254 кВт (1079,8 кВт з резерв);

на температурному рівні мінус 4°С ~ 2299 кВт (483,4 кВт з резерв).

#### Технічні рішення, реалізовані в АХУ:

- В існуючій холодильній системі передбачено централізоване холодопостачання споживачів холодильника, яке забезпечується від аміачної холодної системи, що знаходиться в спеціально обладнаному приміщенні компресорного цеху та зовнішньому конденсаторному відділенні;
- Холодильна система працює по парокомпресійному циклу одно та двохступеневого стиснення пари холодильного агента - аміаку, для відведення теплоти конденсації використовуються випарні конденсаторні апарати, циркуляція холодильного агента через повітроохолоджувачі і технологічне обладнання забезпечується за насосною і гравітаційною схемами живлення;
- Холодопостачання споживачів з температурним режимом вище 0 °С передбачається за допомогою проміжного холодоносія – водного розчину пропіленгліколя, охолодження якого відбувається у двох пластинчастих випарниках, які живляться за зануреною схемою.

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. №	

							KPM.ХУКП.1.784-03.2.19	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата			37

- АХС оснащена лінійним і дренажним ресиверами, мастилозбірниками, іншим необхідним допоміжним обладнанням;
- Організована повністю автоматизована система охолодження камер холодильника, ПКО та ШМА з використанням сучасних вискоефективних підвісних повітроохолоджувачів та станцій регулювання на базі контролерів Siemens та запірно-регулювальної арматури Danfoss;
- Живлення повітроохолоджувачів рідким аміаком організовано окремо для кожної камери. Автоматизована підтримка встановленої температури в камерах здійснюється шляхом пускання/зупинки вентиляторів повітроохолоджувачів. подача холодильного агенту через розподільчі регулюючі станції дозволяє проводити відтаювання повітроохолоджувачів у автоматичному режимі.

### Основне холодильне обладнання

Таблиця 2. 5 Характеристики компресорних агрегатів

Поз. по схемі	Найменування	Характеристики агрегату				Встановле на потужність ел. дв., кВт	Теплова потужність мастилоох оджувача, кВт	Кількість агрегатів
		Продукт ивність кВт	Тиск, бар абс.		Темпера- тура кипіння, °С			
			всмокт.	нагніт.				
K291	Одноступеневий компресорний агрегат Grasso SPduo WD-3B	1082	1,25	12,38	-29	510	287,8	1
K411; K412; K413	Двоступеневий компресорний агрегат Grasso SP2 XAE-6D(R)	636,2	0,68	12,38	-41	400	210,8	2
K091	Одноступеневий компресорний агрегат Grasso SP1 WB-1D	1555,3	3,03	12,38	-9	400	115,3	1
K092; K093	Одноступеневий компресорний агрегат Grasso SP1 WB-1D	1390,4	3,03	12,38	-9	355	103,1	1
K041	Одноступеневий компресорний агрегат Grasso SP1 WB-1B	1683,4	3,69	12,38	-4	355	75,3	1
K042	Одноступеневий компресорний агрегат Grasso SP1 SB-1B	1099	3,69	12,38	-4	250	58,2	1

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. №	

Таблиця 2.6 - Характеристика випарних конденсаторів

Поз. по схемі	Найменування	Характеристика апарата					Кільк. ап, шт.	Встановлена потужність ел. дв., кВт
		Продукт	Темп. конденс °С	Темп. за мокр. терм., °С	Заг. видатність кВт	Витрата повітря м <sup>3</sup> /с		
C010; C020; C030; C040; C050; C060; C070; C080	Випарний конденсатор CXVE 396-1018	Пара аміаку (NH <sub>3</sub> )	+32	+23	1390	49,5	7	3x5,5 (вент) 1x7,5 (насос) 1x14 (ТЕН)

Таблиця 2.7 – Характеристика насосного обладнання

Поз. по схемі	Найменування	Характеристика				Кількість, шт	Потужність ел. дв., кВт	Число обертів у хв.
		Найменування	Температура, °С	продук. м <sup>3</sup> /год	напір, м. ст. рід.			
P294; P295	Багатоступеневий відцентровий аміачний насос Hermetic CAM 2/4 AGX 3,0	аміак	-29	4,59	41,8	1/1	4,3	2720
P417; P418; P419	Одноступеневий відцентровий аміачний насос Hermetic CNF 40-160/169 AGX 4,5	аміак	-41	13,55	31,4	2/1	6,4	2780
P096; P097; P098	Одноступеневий відцентровий аміачний насос Hermetic CNF 50-200/170 AGX 6,5	аміак	-9	24,12	31,5	2/1	9,3	2695
P047; P048; P049	Одноступеневий відцентровий гліколевий насос KSB ETN 125-100-200	пропілен-гліколь 35%	-1	290	40	2/1	40,6	2964
P401; P402	Одноступеневий відцентровий гліколевий насос KSB ETB 065-050-125	пропілен-гліколь 35%	+45	52	20	1/1	5,5	2954
P811; P812; P813	Одноступеневий відцентровий водяний насос KSB ETB 065-050-160	вода	+45,6	55	25	2/1	5,5	2940

Зам. інв. №

Підпис і дата

Інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

KPM.XUKP.1.784-03.2.19

Арк.

39

Таблиця 2.8 - Характеристика технологічного обладнання

Поз. по схемі	Найменування	Найменування продукту / Температура, °С		Номінальне холод. навантаж., кВт	Кільк. ап, шт.
		На вході	На виході		
PV01	Плівковий охолоджувач води ВUCO	+20	+2	482	1

Таблиця 2.9 – Характеристика апаратів швидкого заморожування

Поз. по схемі	Найменування	Найменування продукту / Температура, °С	Холод. навантаж., кВт	Номінальна потужність за продуктом, кг/год	Кільк. ап, шт.	Потужність та кількість вентиляторів кВт x шт.
C1÷C6	Багатоповерховий картонажний морозильник Heinen Rackfrost pf 7 / 225 D	Пара аміаку (NH <sub>3</sub> )	-41	1210	12000	1 2 x 2 x 6
S1÷S4	Спиральний швидко-морозильний апарат ТОВ «Мастер Мілк»	Пара аміаку (NH <sub>3</sub> )	-41	600	3000	1 6,6 x 4 x 4

Таблиця 2.10 - Характеристика пластинчастих теплообмінних апаратів

Поз. по схемі	Найменування	Середовище	Найменування продукту / Температура, °С		Максим. теплове навантаж., кВт	Витрати середовища, кг/год	Кільк. ап, шт.	Характеристика апарата		
			вхід	виход				Пр-ть, кВт	Площа то поверхні, м <sup>2</sup>	Δt, °С
H100; H200	Форконденса-тор Alfa Laval M10-BWFDR	Аміак	+80	+45	360,8	13480	2	360,8	22,6	35 11,3
		Вода	+34,3	+45,6		27490				
H300	Переохолоджувач рідкого аміаку Alfa Laval M10-BWFDR	Аміак	+32	+18	504,1	26960	1	504,1	25,9	14 5,3
		Вода	+16	+21,3		81470				
H400	Проміжний охолоджувач масла Анкор-Теплоенерго Р-Р044-18,92-21-1545	пропілен-гліколь 35%	+45	+30	840	51912	1	840	18,92	15 13
		Вода	+21,3	+34,3		54972				
H045; H046	Охолоджувачі водного розчину пропілен-гліколя Alfa Laval TK20-BWFG	Аміак	-4	-4	1210	4900	2	1210	93	-
		пропілен-гліколь 35%	+3	-1		292000				

Зам. інв. №

Підпис і дата

Інв. №

Таблиця 2.11 Характеристика ємнісного обладнання

Поз. по схемі	Найменування обладнання	Найменування серця	Необхідна ємність апарату, м <sup>3</sup>	Параметри робочого режиму		Характеристика обладнання			Кільк. ап-тів, шт.
				P <sub>p</sub> , бар (надп.)	t <sub>p</sub> , °C	Об'єм, м <sup>3</sup>	P <sub>роз</sub> , бар (надп.)	t <sub>роз</sub> , °C	
R292	Циркуляційний ресивер	аміак (NH <sub>3</sub> )	6,22	0,26	-29	6,22	-1/12	-40 ÷ +50	1
R293	Маслопосудина	аміак (NH <sub>3</sub> )	0,05	0,26	-29	0,05	-1/12	-40 ÷ +50	1
R415	Циркуляційний ресивер	аміак (NH <sub>3</sub> )	18,18	-0,32	-41	18,18	-1/12	-41 ÷ +50	1
R416	Маслопосудина	аміак (NH <sub>3</sub> )	0,05	0,26	-41	0,05	-1/12	-40 ÷ +50	1
R094	Циркуляційний ресивер	аміак (NH <sub>3</sub> )	11,36	2,03	-9	11,36	-1/12	-20 ÷ +40	1
R095	Маслопосудина	аміак (NH <sub>3</sub> )	0,05	2,03	-9	0,05	-1/12	-40 ÷ +50	1
R043	Циркуляційний ресивер	аміак (NH <sub>3</sub> )	9,35	2,69	-4	9,35	-1/12	-20 ÷ +40	1
R044	Маслопосудина	аміак (NH <sub>3</sub> )	0,05	2,03	-4	9,35	-1/12	-40 ÷ +50	1
R103, R104	Дренажний ресивер	аміак (NH <sub>3</sub> )	5,5	10,67	+30	5,5	-1/12	-40 ÷ +50	1
R103, R104	Лінійний ресивер	аміак (NH <sub>3</sub> )	4,5	11,38	+32	4,5	-1/18	-20 ÷ +50	1
R105, R106	Маслозбірник	масло	0,5	7,57	+20	0,5	-1/12	-20 ÷ +50	1
R801	Бак гарячої води	вода	41,6	0,0	+45	41,6	-	+45	1
R912	Розширювальний бак	пропілен-гліколь 35%	1,0	4,0	-1	1,0	6	+120	1
R913	Розширювальний бак	пропілен-гліколь 35%	0,1	3,0	+45	0,1	3	+120	1

Зам. інв. №

Підпис і дата

Інв. №

KPM.XYKP.1.784-03.2.19

Арк.

41

Зм. Кільк. Арк. № док. Підпис Дата

Таблиця 2.12 Характеристики приладів охолодження камер

Поз.	Найменування	Температура, °С			Кіл. апаратів, шт.	Характеристика апарата			
		на вході/ виході				Продуктивність, кВт	Витрати середовища, м <sup>3</sup> /год (кг/год)	Площа теплообмінної поверхні, м <sup>2</sup>	Потужність та кількість вентиляторів кВт х шт.
ПО.18.1÷3	Повітроохолоджувач Thermofin X-TGN.2-063-12-F-N-D5-12-E	повітря	+10	+9	3	15,4	24343	243	1,25 x 2
		пропілен-ліколь	-1	3			(2394)		
ПО.19.1÷26	Повітроохолоджувач Guntner S-GGBK 045.1B/34-AW/6P	повітря	+10	+5,5	26	18,5	9570	129,9	0,18 x 3
		пропілен-ліколь	-0,5	2			(7071)		
ПКО1.1÷9	Повітроохолоджувач Thermofin X-TADN-071.1-E-8-10-HG	повітря	1,1	-1,1	9	187,5	142000	569,8	2,2 x 8
		аміак	-7	-7			(1838,8)		
ПКО2.1÷9	Повітроохолоджувач Thermofin X-TADN-071.1-C-7-10-HG	повітря	1,1	-0,3	9	87,5	105000	312,5	1,5 x 7
		аміак	-7	-7			(858,09)		
ПО11.1÷3 ПО12.1÷3 ПО13.1÷3	Повітроохолоджувач Thermofin TAN.2-045-12-F-N-W5-10	повітря	0	-3,6	9	19	11252	77,9	0,6 x 2
		аміак	-8,5	-8,5			(159,07)		
ПО10.1; ПО14.2÷4	Повітроохолоджувач Thermofin TAN.2-045-12-E-N-W5-10	повітря	0	-2,6	4	14,3	11672	58,4	0,6 x 2
		аміак	-8,5	-8,5			(119,72)		
ПО15.1 ПО15.2	Повітроохолоджувач Thermofin TAN.2-045-13-F-N-W5-10	повітря	0	-3,6	2	28,5	16876	116,9	0,6 x 3
		аміак	-8,5	-8,5			(238,61)		
ПО16.1÷4	Повітроохолоджувач Thermofin TAN.2-063.1-E-3-07	повітря	+6	+4,2	4	19,3	26304	243	0,62 x 3
		пропілен-ліколь	-0,5	+2,9			(5434)		
ПО26.1 ПО26.2 ПО26.3	Повітроохолоджувач Thermofin TGDN-045.1-E-2-07	повітря	+6	+4,1	3	7	10439	81	0,54 x 2
		пропілен-ліколь	-0,5	+2,5			(2234)		
ПО21.1 ПО21.2 ПО22.1 ПО22.2	Повітроохолоджувач Thermofin TAN.2-071-12-E-L-D5-12-E	повітря	-20	-23,1	2	34	26047	144,9	0,84 x 2
		аміак	-28,5	-28,5			(271,05)		
ПО23.1 ПО23.2 ПО24.1 ПО24.2 ПО25.1 ПО25.2	Повітроохолоджувач Thermofin TAN.2-071-12-E-L-D5-12-HG	повітря	-20	-23,1	2	34	26047	144,9	0,84 x 2
		аміак	-28,5	-28,5			(271,05)		
ПО17.1÷5	Повітроохолоджувач Thermofin TGDN-063.1-F-4-07	повітря	+6	+3,5	5	30	33893	432	0,62 x 4
		пропілен-ліколь	-0,5	+2,5			(9572)		

Зам. інв. №

Підпис і дата

Інв. №

KPM.XYKP.1.784-03.2.19

Арк.

42

Зм. Кільк. Арк. № док. Підпис Дата



- попереджувальна – сповіщає про гранично припустимі рівні рідини в посудинах чи апаратах (світлова жовтого кольору, що супроводжується звуковим сигналом з ручним відключенням);
- аварійна – сигналізує про небезпечні рівні рідини в посудинах чи апаратах (світлова червоного кольору, що блимає та супроводжується звуковим сигналом з ручним відключенням).

Настроювання приладів автоматизації компресорних агрегатів виконується обслуговуючим персоналом посезонно, таким чином, щоб точка спрацьовування реле тиску відрізнялась від параметрів нормальної роботи не більш, ніж на 10÷15%.

Інші засоби захисту холодильних систем і систем охолодження холодильника:

- здвоєні запобіжні клапани, які підключені до всіх апаратів, посудин, трубопроводів АХУ за допомогою триходового вентиля таким чином, що при будь-якому положенні шпинделя забезпечується з'єднання об'єкта захисту з одним чи обома запобіжними клапанами; запобіжні клапани відрегульовані на початок відкриття при тиску:
  - 12 кгс/см<sup>2</sup> (сторона всмоктування);
  - 18 кгс/см<sup>2</sup> (сторона нагнітання);
- зворотні клапани, що встановлені на нагнітальних магістралях компресорного та насосного обладнання, на колекторах систем охолодження камер холодильника;
- перепускні клапани OFV-20 систем автоматизації роботи приладів охолодження камер;
- комплекс автоматичного управління роботою повітроохолоджувачів камер у робочому режимі та при відтаюванні інею з поверхні приладів охолодження в складі: контролера фірми Siemens та головних клапанів фірми Danfoss GPLX та ICS з регуляторами тиску CVP (HP), та EVM (NC), соленоїдних клапанів EVRA;
- використання нормально закритих соленоїдних клапанів типу EVM (NC), які в поєднанні з головними клапанами фірми Danfoss типу GPLX та ICS, забезпечують поділення системи холодопостачання на ділянки при відключенні електропостачання АХУ;
- контрольно-вимірювальні прилади – манометри, мановакуумметри, термометри, як дистанційного, так місцевого розміщення;
- пристрої візуального контролю рівня рідини в посудинах;

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. №	

						КРМ.ХУКП.1.784-03.2.19	Арк.
							44
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

– фільтри холодильного агенту.

Усе устаткування АХУ, трубопровідні системи, електричні мережі, прилади КВПіА, а також технологічне обладнання, запобіжні пристрої, арматура імпорного виробництва (виготовлені відповідно до норм ЄС) відповідають вимогам НТД України.

Системою протиаварійного захисту АХУ також передбачено:

- обладнання приміщень системами припливної, витяжної та аварійної вентиляції відповідно до вимог ПБіБЕ АХУ;
- аварійне відключення електрообладнання та припливної вентиляції кнопками, встановленими біля входів у компресорний цех, з одночасним включенням аварійної вентиляції;
- автоматичне включення резервних вентиляторів системи вентиляції тамбур-шлюзу та витяжної вентиляції компресорного цеху в разі зупинки робочих вентиляторів;
- контроль рівня загазованості паром аміаку приміщень компресорного цеху, конденсаторного відділення та камер

Зам. інв. №	Підпис і дата	Інв. №						КРМ.ХУКП.1.784-03.2.19	Арк.
			Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	

### 3. ОПИС ВИКОРИСТАНИХ МЕТОДІВ АНАЛІЗУ І МЕТОДИК ОЦІНКИ НЕБЕЗПЕКИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АХУ

#### 3.1. Фізико-математичних моделі і методи розрахунку

Аміак є небезпечною речовиною, і контакт з нею може призвести до загибелі або шкоди для здоров'я людей. Ця речовина використовується як робоче тіло в аміачних холодильних установках, де вона проймає фазові перетворення, зокрема, переходить з рідкого в газоподібний стан при кипінні та з газоподібного в рідкий при конденсації чи зріджуванні. Процеси, що відбуваються в аміачних холодильних установках, можна моделювати як фізичні (термодинамічні) так і фізико-математичні моделі.

До проблем безпеки при експлуатації АХУ відносяться:

- моделі течії пари, рідини та парорідинних сумішей в трубопроводах при змінах температури та тиску, врахування корозійних процесів та взаємодії аміаку з конструкційними матеріалами;
- моделі різних режимів кипіння холодоагенту у випарнику при змінах теплового навантаження та складу парорідинної суміші;
- моделі процесів у патрубку сторони всмоктування компресора, режиму "вологого ходу", та змін тиску;
- моделі процесів стиску аміаку в компресорі та його взаємодія з матеріалами елементів на стороні високого тиску;
- моделі різних процесів конденсації аміаку залежно від типу конденсатора та умов експлуатації.

Температура, тиск і рівні аміаку в різних частинах установки контролюються за допомогою приладів захисної автоматики, які мають важливі характеристики, вказані в їх паспортах або інструкціях. Хоча всі елементи установки розроблені з урахуванням високих температур і тисків аміаку, важливо враховувати можливі відмови або неправильне спрацювання приладів захисної автоматики, яке може призвести до аварійних ситуацій. Такі відмови або неправильні реакції можуть бути об'єктом

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. №	

Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата

КРМ.ХУКП.1.784-03.2.19

Арк.

46

теоретико-імовірнісного аналізу, який базується на експоненційному законі щільності розподілу ймовірності безвідмовної роботи приладів захисної автоматики в часі.

Усі компоненти аміачної холодильної установки (АХУ) спроектовані та виготовлені таким чином, щоб уникнути їх пошкодження при найвищих можливих температурах і тисках газоподібного чи рідкого аміаку. Однак найсуттєвішими факторами, що сприяють виникненню аварійних ситуацій в аналізованій холодильній установці, є відмови або неправильне спрацювання приладів захисної автоматики. Ці неполадки є випадковими подіями, які призводять до загострення аварійної ситуації.

Теоретико-імовірнісний аналіз роботи приладів захисної автоматики визначений нормативною документацією і розглядається в даній роботі. Математична модель функціонування цих приладів ґрунтується на експоненційному законі щільності розподілу ймовірності безвідмовної роботи приладу в залежності від часу.

$$P(\tau) = e^{-\lambda\tau}.$$

Спрацювання (відмова) окремих приладів захисної автоматики не залежить від спрацювання або відмови інших, в цьому контексті такі випадкові події є незалежними. З іншого боку, причини виникнення аварійної ситуації крок за кроком ведуть до аварії, якщо формується (n+1) - а відмова за умови, що відбулася n - а відмова. Імовірнісні розрахунки в таких випадках вимагають байєсівського підходу.

Аварія в системі аміачної холодильної установки може мати різні сценарії, але в більшості випадків вона призводить до розгерметизації окремих елементів системи та викиду аміаку. Ситуації, коли відбувається розгерметизація на стороні високого тиску (таких як компресор чи конденсатор), часто супроводжуються пошкодженням обладнання, розлітом осколків елементів та можливим потраплянням аміаку до обслуговуючого персоналу.

Оцінка ймовірності виникнення подібних сценаріїв є ключовим аспектом системи безпеки холодильної установки.

В принципі, у випадку, коли розгерметизація установки не призвела відразу до людських жертв серед обслуговуючого персоналу, неможливо виключити подальший розвиток подій, який за певних умов може призвести до потенційних жертв за межами цеху. Ці події пов'язані з викиданням та випаровуванням аміаку в навколишню атмосферу, будь то відкрите або закрите приміщення (наприклад, компресорний цех).

Зам. інв. №						КРМ.ХУКП.1.784-03.2.19	Арк. 47				
Підпис і дата						Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата
Інв. №											

Динаміка випаровування аміаку на сьогоднішній день ще не повністю вивчена і залежить від ряду факторів, таких як тепловий потік від поверхні, на яку вилився рідкий аміак, площа розливання аміаку, відносна вологість атмосфери, в яку відбувається випаровування і інші. Висока термодинамічна ефективність аміаку як холодоагента полягає у його високій теплоті випаровування, що призводить до сильного охолодження всього обсягу розливаного аміаку та подальшого зменшення потоку випаровування з поверхні розливу.

Повноцінний кількісний аналіз динаміки випаровування рідкого аміаку від вільної поверхні вимагає значних експериментальних досліджень та розробки модельних розрахунків.

Випаровування аміаку в закритому просторі компресорного цеху (з вимкненою системою вентиляції та відсутністю природного потоку повітря) може призвести до утворення аміачно-повітряної суміші з концентраціями, що можуть стати причиною вибуху. Цей процес утворення аміачно-повітряної суміші при випаровуванні рідкого аміаку є детермінованим.

Інші події, такі як виникнення електричної іскри чи іншого джерела полум'я, розподіл концентрації аміаку по приміщенню і т.д., в основному є випадковими та непередбачуваними. Ці випадкові фактори можуть сприяти руйнуванню огорожувальних конструкцій будівлі компресорного цеху (зокрема, легкоскидних елементів), виникненню пожежі та можливим травмуванням або загибеллю людей.

Отже, врахування обох детермінованих і випадкових аспектів є важливим для повноцінної оцінки ризиків та розробки ефективних заходів безпеки в аміачній холодильній системі.

При випаровуванні розлитого рідкого аміаку в откритий простір поза межами приміщення компресорного цеху, супроводжуючись інтенсивним кипінням, може утворитися аміачно-повітряна хмара, яка буде поширюватися в турбулентній атмосфері. Перетин траєкторії руху такої хмари з атмосферою, де знаходиться житлова зона чи інші місця зі сконцентрованою кількістю людей, може призвести до потенційної загрози для населення, завдати шкоди здоров'ю та спричинити забруднення навколишнього середовища.

Недостатнє вивчення процесів випаровування аміаку заздалегідь визначає необхідність проведення докладних та обґрунтованих досліджень щодо рівнів безпеки

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. №	

						КРМ.ХУКП.1.784-03.2.19	Арк.
							48
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

експлуатації аміачної холодильної установки. Якщо для цих рівнів передбачаються конкретні значення ймовірності, цього повинно бути достатньо для зроблення остаточних висновків щодо ймовірності всіх можливих сценаріїв аварії та її наслідків.

Це підкреслює важливість ретельного вивчення та врахування всіх можливих аспектів та ризиків, пов'язаних з експлуатацією аміачної холодильної системи, зокрема в умовах великого розливання аміаку в откритий простір.

### 3.2 Результати аналізу ступеня небезпеки та оцінки рівня ризику.

Визначення рівнів небезпеки та ризику, пов'язаних із здійсненням певної діяльності чи експлуатацією обладнання, є складним завданням, оскільки небезпека ніколи не може бути повністю усуненою, і існує певний ризик виникнення небезпеки в будь-який момент. Регламентація спрямована на те, щоб знизити індивідуальні та соціальні ризики до рівня, який вважається "терпимим", "прийнятним" або "виправданим" з точки зору суспільства.

Визначення цих рівнів є складним завданням, і воно значно залежить від індивідуального сприйняття ризику людьми. Лише ті небезпеки можна враховувати, які можуть бути контрольовані людиною.

Небезпека при експлуатації технічного обладнання може реалізуватися, коли персонал не може вчасно розпізнати її існування, не має достатнього рівня знань та навичок щодо попередження небезпеки, або не може спрогнозувати можливі наслідки. Навіть у випадку відсутності кількісної оцінки рівня небезпеки та ризику, як окремі особи, так і державні органи можуть вважати певний рівень небезпеки "прийнятним".

Ступінь небезпеки від аміачних холодильних установок (АХУ) теоретично вивчений і підтверджений результатами аварій, які сталися за час експлуатації промислових систем. Це визнано законодавством держави та нормативно-технічною документацією, яка регулює будову, реконструкцію та експлуатацію АХУ. Для контролю за рівнем небезпеки та можливими наслідками аварій таких систем введені спеціалізовані наглядові органи, такі як Держохоронпраці, державні місцеві адміністрації, органи місцевого самоврядування та громадські організації.

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. №	

Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата



Задавшись пороговим рівнем смертності  $N$ , визначається  $F=F(N)$  – частота виникнення аварій, в яких гине не менше  $N$  чоловік. Для отриманого  $F$  по залежності  $F=F(Q)$  знаходиться  $Q$  (кількість НХР), яка відповідає  $F$ .

З урахуванням того, що частота виникнення аварій, в які залучено не менше  $Q$  тонн НХР, і частота виникнення аварії, в яких гине не менше  $N$  чоловік, співпадає, робиться висновок про те, що пороговий рівень вмісту НХР  $Q$  відповідає пороговому рівню смертності  $N$ . На рис. 3.1 подано частотний підхід до хмари аміаку.

Для  $N=10$  чоловік знаходимо, що  $Q=500$  тонн для всіх типів аварій.

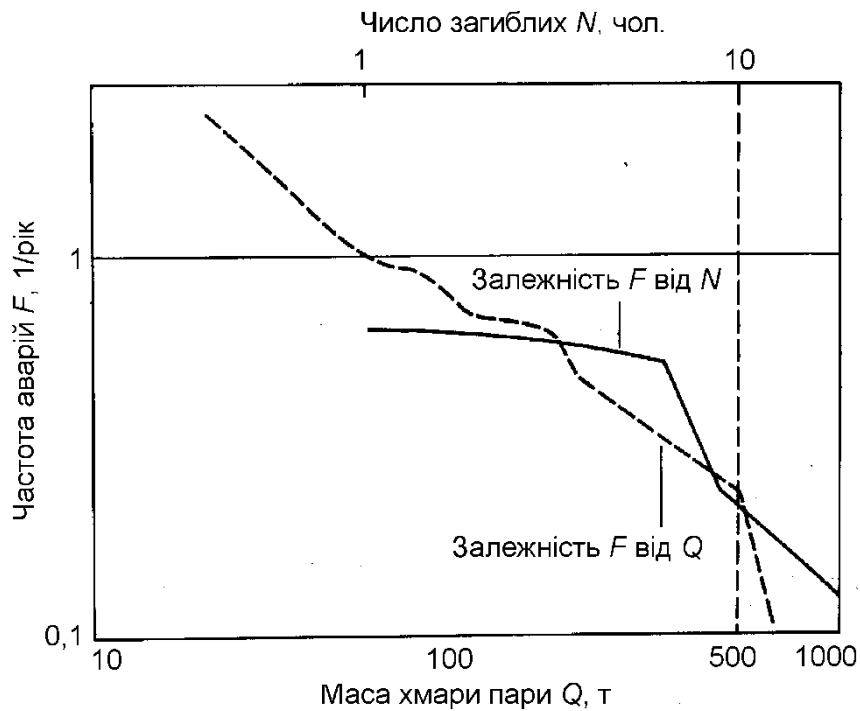


Рис.3.1 – Частотний підхід до хмари аміаку

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. №	

Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

### 3.5. Оцінка хімічної обстановки аварії АХУ з розгерметизацією системи

Оцінка хімічної небезпеки під час експлуатації і можливої аварії АХС повинна проводитися відповідно до "Методики прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин під час аварій на хімічно небезпечних об'єктах і транспорті", затвердженої Міністерством внутрішніх справ України Наказ №1000 від 29.11.2019 (Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 14 травня 2020 за № 440/34723).

Методика застосовується для небезпечних хімічних речовин (НХР), які зберігаються в газоподібному або рідкому стані і в момент викиду (виливу) переходять в газоподібний стан і створюють первинну або / та вторинну хмару НХР.

Методика передбачає проведення розрахунків для планування заходів щодо захисту населення лише на висотах до 10 м над поверхнею землі (у приземному шарі повітря).

Небезпека ураження населення, робітників і службовців підприємств сильнодіючими, отруйними речовинами вимагає швидкого виявлення ознак аварії та оцінки хімічної обстановки, врахування її впливу на організацію рятувальних, протиаварійних та інших невідкладних робіт, а також на виробничу діяльність в умовах наслідків аварій.

Підвищення температури ґрунту та повітря прискорює випаровування НХР, а, отже, підвищує його концентрацію над зараженою місцевістю. На глибину поширення НХР і його концентрацію в атмосфері значно впливають вертикальні потоки повітря, напрямом яких характеризується трьома ступенями вертикальної стійкості атмосфери: інверсією, ізотермією, конвекцією. Інверсія заважає руху повітря по вертикалі, а, отже, створює сприятливі умови для збереження високих концентрацій НХР, ізотермія також сприяє тривалому застою парів НХР, конвекція призводить до інтенсивного розсіювання зараженої хмари.

Оцінка хімічної обстановки на об'єктах, які мають на території НХР, проводиться методом прогнозування.

Зам. інв. №	Підпис і дата	Інв. №							КРМ.ХУКП.1.784-03.2.19	Арк.
										52
			Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Оцінка хімічної обстановки передбачає визначення:

- масштабів хімічного забруднення;
- ступеня небезпеки хімічного забруднення;
- тривалості хімічного забруднення.

Основними показниками, що визначають масштаб хімічного забруднення, є:

- радіус RA, (км) та площа SA (км<sup>2</sup>) району аварії;
- глибина Г1 (км) та площа S1 (км<sup>2</sup>) поширення первинної хмари НХР;
- глибина Г2 (км) та площа S2 (км<sup>2</sup>) поширення вторинної хмари НХР.

Основним показником, що характеризує ступінь небезпеки хімічного забруднення, є прогнозована кількість уражених, що опинилися в ЗХЗ.

Кількість уражених серед виробничого персоналу об'єкта, де сталася аварія, та населення, яке мешкає поблизу цього об'єкта, визначається відповідно до кількості та часу знаходження людей у ЗХЗ, їх захищеності від дії НХР.

Кількість людей, які опинилися в ЗХЗ, розраховується або шляхом підсумовування кількості виробничого персоналу (населення), який знаходиться на окремих виробничих ділянках (в житлових кварталах, населених пунктах), що піддалися дії НХР, або шляхом множення середньої густини виробничого персоналу (населення), що знаходиться на території об'єкта (населеного пункту), на площу зараженої території.

Оцінка хімічної обстановки на потенційно небезпечних об'єктах проводиться при завчасному плануванні заходів щодо захисту робітників, службовців, населення від ОХВ та вжиття заходів щодо порятунку людей, які можуть опинитися в зонах хімічного зараження безпосередньо після аварії.

Довгострокове прогнозування здійснюється для визначення можливих масштабів аварій, сил і засобів, які необхідно буде залучити для локалізації та ліквідації їх наслідків, складання планів робіт з ліквідації причин аварій та інших довгострокових (довідкових) матеріалів.

Для довгострокового прогнозування використані такі дані:

- кількість НХР;

Зам. інв. №
Підпис і дата
Інв. №

						КРМ.ХУКП.1.784-03.2.19	Арк.
							53
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

- метеорологічні умови: швидкість вітру в приземному шарі - 1 м/с, температура повітря 20°C, ступінь вертикальної стійкості повітря - інверсія, напрямок вітру не враховується, зона зараження має вигляд кола, кут розповсюдження хмари забрудненого повітря для ЗМХЗ - 360°, для ПЗХЗ кут визначається відповідно до розрахункових даних.

Організаційно-технічні протиаварійні заходи щодо захисту населення докладно плануються на прогнозовану глибину зони можливого хімічного зараження, яке відбувається протягом перших чотирьох годин після початку аварії, пов'язаної з викидом аміаку.

Для аварійного прогнозування використовуються такі дані:

- загальна кількість НХР на об'єкті та дані щодо кількості аміаку на момент аварії в розгерметизованій ділянці системи, де сталася аварія;
- реальна кількість НХР, викинутого в атмосферу і характер розливу на поверхні, що підстилає ("вільно", "в піддон", "в обвалування");
- висота обвалування або піддону;
- метеорологічні умови, що склалися на момент аварії: температура повітря (°C), швидкість вітру в приземному шарі (м/с), ступінь вертикальної стійкості повітря (інверсія, ізотермія, конвекція);
- середня густина населення для місцевості, над якою поширюється хмара НХР;
- Площа зони можливого хімічного зараження (ЗМХЗ);
- Площа прогнозованої зони хімічного зараження (ПЗХЗ).
- Прогнозування виконується на період не більше 4 годин, після чого прогноз повинен уточнюватися.

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. №	

						КРМ.ХУКП.1.784-03.2.19	Арк.
							54
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

## Методика аварійного прогнозування хімічної обстановки при аваріях АХУ з викидом аміаку в атмосферу

Ця методика використовується штабом ЦЗ об'єкта та змінним диспетчером у разі аварії АХУ з викидом аміаку в атмосферу після оперативної оцінки можливих наслідків.

### Порядок оцінки хімічної обстановки при аварійному прогнозуванні:

- 1) Нанести на план району місце (точку) аварії з викидом аміаку та кількість викинутого ОХВ (якщо кількість невідома, для розрахунку береться значення – 1,8 тонн).
- 2) Уточнити метеоумови:
  - швидкість приземного вітру – \_\_\_\_ м/с;
  - напрям вітру \_\_\_\_\_;
  - температура повітря \_\_\_\_\_.
- 3) Визначити ступінь вертикальної стійкості повітря за таблицею 3.5.1

Таблиця 3.5.1 – СТУПЕНІ  
вертикальної стійкості повітря в приземному шарі

Швидкість повітря (м/с)	Ніч			День		
	ясно	Мінлива хмарність	хмарно	ясно	Мінлива хмарність	хмарно
0,5	Інверсія	Інверсія	Ізотермія	Конвекція	Конвекція	Ізотермія
0,6-2,0	Інверсія	Інверсія	Ізотермія	Конвекція	Конвекція	Ізотермія
2,1-4,0	Інверсія	Ізотермія	Ізотермія	Конвекція	Ізотермія	Ізотермія
більше 4	Ізотермія	Ізотермія	Ізотермія	Ізотермія	Ізотермія	Ізотермія

- 4) Визначити глибину (км) поширення зараженої хмари

Глибина поширення первинної хмари НХР  $\Gamma_1$  з урахуванням метеорологічних та топографічних умов, впливу температури повітря на кількість НХР, що переходить у первинну хмару, визначається за формулою:

$$\Gamma_1 = \Gamma_{т1} \times K_{т1} \times K_{к} \times K_{м}, \quad (1)$$

- де  $\Gamma_{т1}$  - табличне значення глибини поширення первинної хмари (км) Таблиця 3.5.2;
- $K_{т1}$  - поправний коефіцієнт, що враховує вплив температури повітря на глибину поширення первинної хмари НХР. Значення поправного коефіцієнта  $K_{т1}$ , що враховує вплив температури повітря на глибину поширення первинної хмари НХР, наведені в Таблиці 3.5.3;
- $K_{к}$  - коефіцієнт пропорційності, що враховує розбіжності заданої маси НХР з типовими масами НХР, наведені в Таблиці 3.5.2. Для його визначення розраховується співвідношення заданої маси НХР  $Q_3$  (т) до найближчого значення типової маси НХР  $Q_4$ (т). Значення коефіцієнта пропорційності  $K_{к}$  залежить від величини співвідношення

Зам. інв. №							Арк.
Підпис і дата							55
Інв. №							КРМ.ХУКП.1.784-03.2.19
	Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	

$Q_3 / Q_T$  та ступеня вертикальної стійкості повітря в приземному шарі. Ступені вертикальної стійкості повітря в приземному шарі наведено в Таблиця 3.5.1. Значення коефіцієнта пропорційності  $K_k$  залежно від ступеня вертикальної стійкості повітря в приземному шарі наведені в Таблиці 3.5.4;

$K_m$  - коефіцієнт впливу місцевості. Значення коефіцієнта  $K_m$  визначається із урахуванням комплексного показника  $K_p$ . Значення коефіцієнта впливу місцевості  $K_m$  наведені в Таблиці 3.5.5. Значення комплексного показника  $K_p$  наведені в Таблиці 3.5.6.

Під час розрахунків слід урахувувати, що якщо напрямок руху хмари НХР збігається з напрямком міських транспортних магістралей, то глибина поширення хмари НХР визначається як для степової місцевості, а якщо напрямок вітру не збігається з напрямком міських транспортних магістралей або за відсутності останніх (у населених пунктах із безсистемною забудовою), то глибина поширення хмари НХР визначається за даними для лісної місцевості змішаного типу, зазначеними в Таблиці 3.5.6.

Таблиця 3.5.2 – глибини поширення первинної хмари аміаку  $\Gamma_{T1}$  (км)

Маса НХР (т)	Інверсія, швидкість вітру (м/с)				Конвекція, швидкість вітру (м/с)				Ізотермія, швидкість вітру (м/с)				
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	10
Аміак													
1	0,32	0,21	0,16	0,13	0,12	0,09	0,07	0,06	0,21	0,14	0,11	0,09	0,06
10	1,44	0,92	0,71	0,59	0,39	0,27	0,22	0,19	0,77	0,52	0,41	0,35	0,21
30	2,93	1,87	1,44	1,19	0,67	0,47	0,39	0,34	1,43	0,96	0,77	0,65	0,39

Таблиця 3.5.3 – ЗНАЧЕННЯ поправного коефіцієнта  $K_{t1}$ , що враховує вплив температури повітря на глибину поширення первинної хмари НХР

Назва НХР	Температура повітря, оС					
	-20	-10	0	+10	+20	+30
Аміак (ізотермічний)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,2
Аміак (під тиском)	0,5	0,7	0,8	0,9	1,0	1,4

Таблиця 3.5.4 – ЗНАЧЕННЯ коефіцієнта пропорційності  $K_k$  залежно від ступеня вертикальної стійкості повітря в приземному шарі

Вертикальна стійкість повітря	Величина відношення $Q_3 / Q_m$								
	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	2	4	6	8
Конвекція	0,5	0,6	0,8	0,9	1,0	1,4	1,9	2,4	2,7
Ізотермія	0,4	0,6	0,8	0,9	1,0	1,5	2,2	2,8	3,3
Інверсія	0,3	0,5	0,7	0,9	1,0	1,6	2,6	3,4	4,0

Зам. інв. №

Підпис і дата

Інв. №

Таблиця 3.5.5 – ЗНАЧЕННЯ  
коефіцієнта впливу місцевості  $K_M$

Значення комплексного показника $K_p$	Стан атмосфери в приземному шарі повітря		
	конвекція	ізотермія	інверсія
0,05	1,0	1,0	1,0
0,1	0,8	0,8	0,9
0,2	0,5	0,6	0,6
0,3	0,4	0,5	0,5
0,4	0,3	0,4	0,5
0,5	0,3	0,4	0,4
0,6	0,3	0,3	0,4
0,7	0,2	0,3	0,4
0,8	0,2	0,3	0,4
0,9	0,2	0,2	0,3
1,0	0,1	0,2	0,3
1,1	0,1	0,2	0,2
1,2	0,1	0,1	0,1
1,3	0,1	0,1	0,1
1,4	0,05	0,05	0,05
1,5	0,05	0,05	0,05
1,6	0,05	0,05	0,05

Таблиця 3.5.6 – ЗНАЧЕННЯ  
комплексного показника  $K_p$

Вид рослинності	Тип лісу	Вид рельєфу					
		рівнинний	рівнинно- хвилястий	рівнинно- горбистий	горбисто- балочний	горбистий	передгір'я
Літо							
Лісиста	хвойні	0,9	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6
	змішані	0,6	0,8	0,9	0,9	1	1,2
Лісисто-стєпова	хвойні	0,6	0,8	1	1,1	1,2	1,5
	листяні	0,4	0,6	0,8	0,9	0,9	1,1
Стєпова		0,3	0,4	0,7	0,8	0,8	1
Напівпустинна		0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,8
Зима							
Лісиста	хвойні	0,9	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6
	змішані	0,4	0,6	0,7	1	0,9	1,1
Лісисто-стєпова	хвойні	0,5	0,7	0,8	0,9	1	1,3
	листяні	0,2	0,3	0,5	0,6	0,7	1
Стєпова		0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,9
Напівпустинна		0,05	0,1	0,3	0,5	0,6	0,8

Зам. інв. №

Підпис і дата

Інв. №

Залежно від агрегатного стану НХР визначається можливість утворення первинної/вторинної хмари.

У разі утворення лише первинної хмари кількість НХР, що перейшла в первинну хмару Q1 (кг), дорівнює загальній кількості НХР Q (кг).

Якщо можливе утворення вторинної хмари, кількість НХР, що перейшла в первинну хмару Q1 (кг), визначається за формулою:

$$Q_1 = \frac{Q \times c_v \times (t_a - t_k)}{\lambda},$$

- де Q - загальна кількість НХР у ємності (кг);  
 C<sub>v</sub> - питома теплоємність рідини (кДж/кг × °С);  
 t<sub>a</sub> - температура НХР у рідкому стані до руйнування ємності (°С);  
 t<sub>k</sub> - температура кипіння НХР (°С);  
 λ - питома теплота випаровування (кДж/кг).

Вплив типу місцевості на значення глибини поширення первинної хмари НХР вираховується шляхом множення величини Г<sub>1р</sub> на коефіцієнт впливу місцевості К<sub>м</sub>.

Тоді глибина поширення первинної хмари НХР Г<sub>1</sub> (км) з урахуванням типу місцевості визначається за формулою

$$G_1 = G_{1p} \times K_m.$$

5). Значення глибини поширення вторинної хмари НХР Г<sub>Т2</sub> (км), наведені в Таблиці 3.5.7 (значення не охоплюють радіус району аварії RA).

Глибина поширення розрахована для середніх умов, у разі глибокої інверсії глибина поширення збільшується в 1,5-2 рази.

З урахуванням метеорологічних та топографічних умов, впливу температури повітря на кількість НХР, що переходить у вторинну хмару, глибина поширення вторинної хмари НХР Г<sub>2</sub> (км) визначається за формулою

$$G_2 = G_{T2} \times K_{T2} \times K_K \times K_m,$$

де Г<sub>Т2</sub> - табличне значення глибини поширення вторинної хмари Таблиця 3.5.7;

Зам. інв. №					
	Підпис і дата				
Інв. №					
	Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис
КРМ.ХУКП.1.784-03.2.19					
Арк. 58					

$K_{t2}$  - поправний коефіцієнт, що враховує вплив температури повітря. Значення поправного коефіцієнта  $K_{t2}$ , що враховує вплив температури повітря на глибину поширення вторинної хмари НХР, наведені в Таблиці 3.5.8;

$K_k$  - коефіцієнт пропорційності, що враховує розбіжності заданої маси НХР з типовими масами НХР, зазначені в Таблиці 3.5.7.  
Визначення коефіцієнта  $K_k$  здійснюється так, як і у разі поширення первинної хмари НХР;

$K_m$  - коефіцієнт впливу місцевості. Визначення коефіцієнта  $K_m$  здійснюється так, як і у разі поширення первинної хмари НХР.

Таблиця 3.5.7 – ЗНАЧЕННЯ  
глибини поширення вторинної хмари для деяких НХР ГТ<sub>2</sub> (км)

Маса НХР (т)	Інверсія, швидкість вітру (м/с)				Конвекція, швидкість вітру (м/с)				Ізотермія, швидкість вітру (м/с)				
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	10
Аміак													
1	0,37	0,33	0,31	0,30	0,12	0,12	0,12	0,12	0,22	0,21	0,20	0,20	0,19
10	1,52	1,37	1,29	1,24	0,24	0,35	0,35	0,35	0,75	0,71	0,69	0,68	0,64
30	2,98	2,69	2,53	2,43	0,40	0,59	0,59	0,59	1,34	1,28	1,24	1,22	1,14

Таблиця 3.5.8 – ЗНАЧЕННЯ  
поправного коефіцієнта  $K_{t2}$ , що враховує вплив температури повітря на глибину поширення вторинної хмари НХР

Назва НХР	Температура повітря, °С					
	-20	-10	0	+10	+20	+30
Аміак (ізотермічний)	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2
Аміак (під тиском)	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1

Таблиця 3.5.9 – ЗНАЧЕННЯ  
кута  $\phi$  залежно від ступеня вертикальної стійкості повітря в приземному шарі та довірчої імовірності  $P_T$

Вид хмари НХР та час випаровування	Стан атмосфери у приземному шарі повітря	Значення $P_T$		
		0,5	0,75	0,9
Первинна хмара НХР	інверсія	9	15	20
	ізотермія	12	20	25
	конвекція	15	25	30
Вторинна хмара НХР, час випаровування 2-6 год	інверсія	12	20	30
	ізотермія	15	25	40
	конвекція	20	35	50
Вторинна хмара НХР, час випаровування 6-12 год	ізотермія	22	37	52
Вторинна хмара НХР, час випаровування 12-24 год		30	50	70

Зам. інв. №

Підпис і дата

Інв. №

6.) Площа первинної (вторинної) хмари НХР S<sub>1(2)</sub> (км<sup>2</sup>) визначається за формулою

$$S_{1(2)} = \frac{(\Gamma_{1(2)} + R_A)^2 \times \phi}{60},$$

де  $\Gamma_{1(2)}$  - глибина поширення первинної (вторинної) хмари НХР (км);

$R_A$  - радіус району аварії (км);

$\phi$  - половина кута сектора (град), у межах якого можливе поширення хмари НХР із заданою довірчою імовірністю  $P_\Gamma$ . Значення кута  $\phi$  (град) залежно від ступеня вертикальної стійкості повітря в приземному шарі та довірчої імовірності  $P_\Gamma$  наведені в Таблиця 3.5.9. Зображення кута сектора наведено на Схемі поширення первинної та вторинної хмари НХР

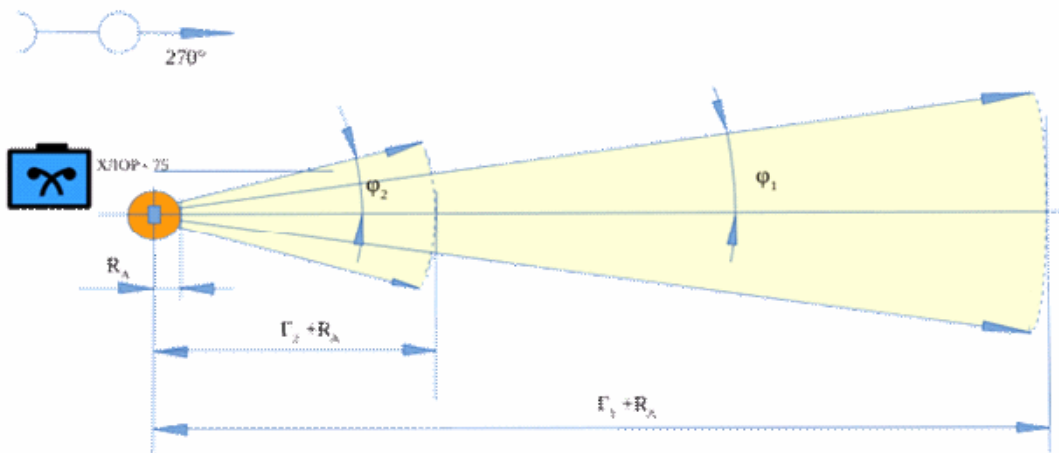
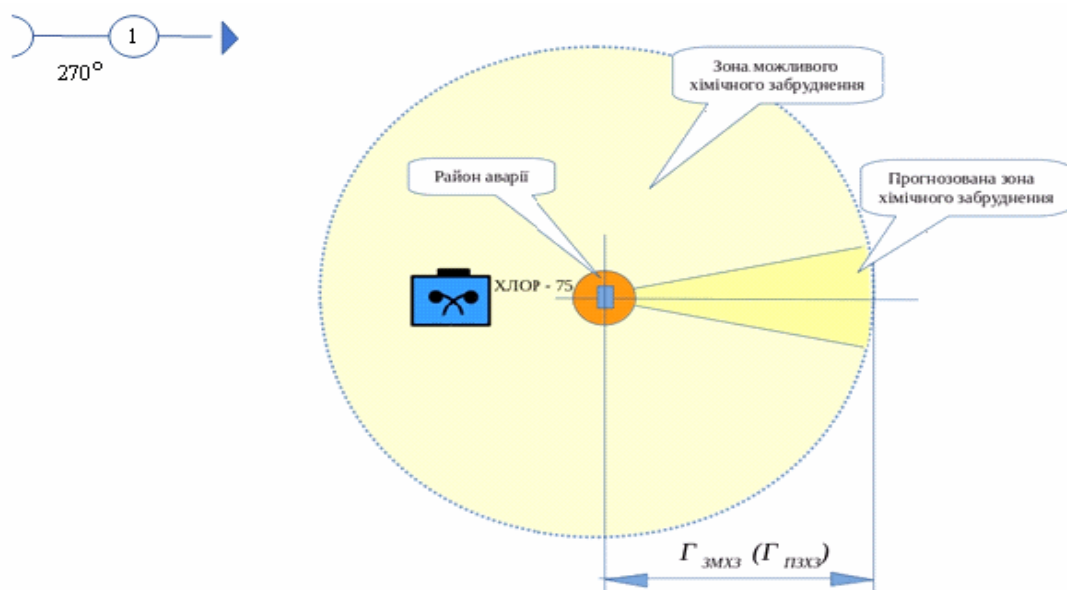


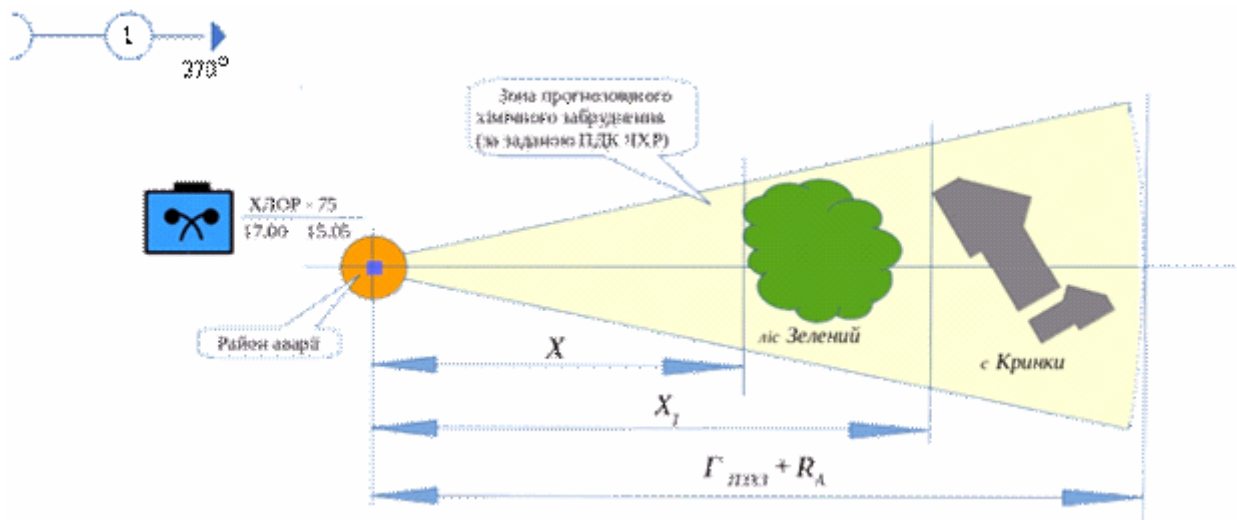
Схема поширення первинної та вторинної хмари НХР



Зони можливого та прогнозованого хімічного забруднення за результатами довгострокового прогнозування

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. №	

Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата



Зона хімічного забруднення за результатами аварійного прогнозування

Довірча ймовірність РГ у разі аварійного прогнозування РГ = 0,5;

у разі наявності не всіх вихідних даних РГ = 0,75.

7.) Площа прогнозованої зони хімічного забруднення СПЗХЗ (км-2) визначається залежно від значень радіусу аварії  $R_A$ , глибини поширення  $\Gamma_1(2)$  первинної (вторинної) хмари та відповідних кутів сектору поширення цих хмар  $\phi_1(2)$ .

Якщо  $\Gamma_1 < \Gamma_2$ :

за умов  $\phi_1 < \phi_2$

$$S_{ПЗХЗ} = \pi \times \left( R_A^2 + \frac{(\Gamma_2^2 - R_A^2) \times \phi_2}{180} \right),$$

за умов  $\phi_2 < \phi_1$

$$S_{ПЗХЗ} = \pi \times \left( R_A^2 + \frac{(\Gamma_1^2 - R_A^2) \times \phi_1}{180} + \frac{(\Gamma_2^2 - \Gamma_1^2) \times \phi_2}{180} \right).$$

Якщо  $\Gamma_2 < \Gamma_1$ :

за умов  $\phi_1 < \phi_2$

$$S_{ПЗХЗ} = \pi \times \left( R_A^2 + \frac{(\Gamma_2^2 - R_A^2) \times \phi_2}{180} + \frac{(\Gamma_1^2 - \Gamma_2^2) \times \phi_1}{180} \right),$$

за умов  $\phi_2 < \phi_1$

$$S_{ПЗХЗ} = \pi \times \left( R_A^2 + \frac{(\Gamma_1^2 - R_A^2) \times \phi_1}{180} \right).$$

8.) Основним показником, що характеризує ступінь небезпеки хімічного забруднення, є прогнозована кількість уражених, що опинилися в ЗХЗ.

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. №	

Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

Кількість уражених серед виробничого персоналу об'єкта, де сталася аварія, та населення, яке мешкає поблизу цього об'єкта, визначається відповідно до кількості та часу знаходження людей у ЗХЗ, їх захищеності від дії НХР.

Кількість людей, які опинилися в ЗХЗ, розраховується або шляхом підсумовування кількості виробничого персоналу (населення), який знаходиться на окремих виробничих ділянках (в житлових кварталах, населених пунктах), що піддалися дії НХР, або шляхом множення середньої густини виробничого персоналу (населення), що знаходиться на території об'єкта (населеного пункту), на площу зараженої території.

Відповідно кількість уражених  $V$  (осіб) визначається за формулами

$$V = L \times (1 - K_3),$$

$$\text{або } V = \Delta \times S_{об.} \times (1 - K_3),$$

де  $L$  - кількість виробничого персоналу (населення) в осередку ураження (осіб);

$K_3$  - коефіцієнт захищеності виробничого персоналу від вражаючої дії НХР. Коефіцієнт захищеності виробничого персоналу  $K_3$  від дії НХР (по хлору) зазначено в Таблиці 3.5.10. Коефіцієнт захищеності міського та сільського населення  $K_3$  від дії НХР зазначено в Таблиці 3.5.11;

$\Delta$  - середня щільність розміщення виробничого персоналу (населення) на території об'єкта (населеного пункту) (осіб/км<sup>2</sup>);

$S_{об.}$  - площа території об'єкта (населеного пункту), що зазнала ураження (км<sup>2</sup>).

Значення коефіцієнта захищеності  $K_3$  залежить від місця перебування виробничого персоналу (населення) у момент підходу хмари забрудненого повітря до об'єкта (населеного пункту) та захисних властивостей укриття і засобів індивідуального захисту, що використовуються.

Коефіцієнт захищеності  $K_3$  виробничого персоналу (населення) визначається за формулою

$$K_3 = q_1 K_{31} + q_2 K_{32} + q_3 K_{33} + q_4 K_{34} + \dots + q_i K_{3i},$$

де  $q_{(1,2,3,\dots,i)}$  - частка виробничого персоналу (населення), що знаходиться в умовах перебування 1, 2, 3, ...  $i$ , наприклад,

Зам. інв. №						КРМ.ХУКП.1.784-03.2.19	Арк. 62				
Підпис і дата						Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата
Інв. №						Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

- де 1 - виробничий персонал (населення), що знаходиться на відкритій місцевості;
- 2 - виробничий персонал (населення), який забезпечено протигазами;
- 3 - виробничий персонал (населення), що знаходиться в укриттях;
- 4 - виробничий персонал, що знаходиться у виробничих будівлях тощо.

Під час розрахунку враховуються лише ті показники, що мають місце, а за потреби додаються додаткові.

Для визначення кількості уражених від первинної хмари НХР використовується значення коефіцієнта захищеності на час перебування в осередку ураження 15 та 30 хв, наведені в Таблиці 3.5.11 до цієї Методики.

9. Тривалість хімічного забруднення характеризується тривалістю уражальної дії НХР та залежить від часу її випаровування з площі виливу та визначення часу підходу хмари НХР до об'єкта.

Час випаровування НХР  $\tau_{\text{вип}}$  (год) з площі виливу розраховується за формулою

$$\tau_{\text{вип}} = \tau_{\text{вип.таб}} \times K_u,$$

де  $\tau_{\text{вип.таб}}$  (ГОД) - час випаровування НХР за швидкості повітря 1 м/с. Час випаровування НХР за швидкості повітря 1 м/с зазначено в Таблиці 3.5.12;

$K_u$  - коефіцієнт, що враховує вплив швидкості вітру на час випаровування НХР. Значення коефіцієнта  $K_u$  залежно від швидкості вітру наведені в Таблиці 3.5.13 або визначаються за формулою

$$K_u = \frac{1}{0,44 \times u + 0,56},$$

де  $u$  - швидкість вітру на висоті 1-10 м (м/с).

Для НХР, дані про які відсутні в Таблиці 3.5.13

10. Час підходу хмари НХР до об'єкта  $t$  (год), що знаходиться в межах зон розповсюдження первинної Г1 та/або вторинної Г2 хмар НХР, залежить від швидкості перенесення хмари повітряними потоками та визначається за формулою

$$t = \frac{x}{v},$$

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. №	

						КРМ.ХУКП.1.784-03.2.19	Арк.
							63
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

**Таблиця 3.5.10 – КОЕФІЦІЄНТ  
захищеності виробничого персоналу  $K_3$  від дії НХР (хлору)**

Місцезнаходження, засоби захисту, що застосовуються	Час перебування, год				
	0,25	0,5	1	2	3-4
відкрито на місцевості	0	0	0	0	0
у транспорті	0,95	0,75	0,41	-	-
у виробничих приміщеннях з кратністю повітрообміну:					
0,5	0,97	0,87	0,68	0,38	0,09
1,0	0,67	0,52	0,30	0,13	0
2,0	0,18	0,08	0,04	0	0
у сховищах: з режимом регенерації повітря	1	1	1	1	1
без режиму регенерації повітря	1	1	1	1	0
в засобах індивідуального захисту органів дихання (промислових протигазах)	0,95	0,8	0,5	0	0

**Таблиця 3.5.11 – КОЕФІЦІЄНТ  
захищеності міського та сільського населення  $K_3$  від дії НХР**

Час доби, год	Міське населення				
	Час, що пройшов з моменту виникнення аварії				
	15 хв	30 хв	1 год	2 год	3-4 год
А. Населення не було оповіщено про небезпеку					
1-6	0,95	0,89	0,76	0,36	0,09
6-7	0,84	0,72	0,64	0,29	0,07
7-10	0,64	0,54	0,35	0,13	0,02
10-13	0,69	0,58	0,37	0,15	0,03
13-15	0,72	0,64	0,47	0,20	0,04
15-17	0,68	0,58	0,37	0,15	0,03
17-19	0,69	0,62	0,47	0,19	0,04
19-1	0,88	0,82	0,67	0,30	0,07
Б. Населення оповіщено про небезпеку					
1-6	0,95	0,89	0,20	0,36	0,09
6-7	0,93	0,87	0,74	0,35	0,10
7-10	0,78	0,68	0,49	0,22	0,06
10-13	0,79	0,67	0,47	0,21	0,04
13-15	0,83	0,74	0,56	0,25	0,05
15-17	0,79	0,69	0,49	0,22	0,04
17-19	0,86	0,78	0,63	0,28	0,06
19-1	0,91	0,85	0,71	0,34	0,09

Зам. інв. №  
Підпис і дата  
Інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата
-----	--------	------	--------	--------	------

КРМ.ХУКП.1.784-03.2.19

Арк.

64

**Таблиця 3.5.12 – ЧАС**  
випаровування НХР за швидкості повітря 1 м/с

Назва НХР	Маса НХР (т)	Температура повітря, °С						
		-30	-20	-10	0	+ 10	+ 20	+ 30
Аміак	50*	6,8 год	4,8 год	3,4 год	2,5 год	1,9 год	1,5 год	1,1 год
	100	4,2 доби	2,9 доби	2,1 доби	1,5 доби	1,2 доби	21,4 год	16,8 год
	500	4,7 доби	3,3 доби	2,3 доби	1,7 доби	1,3 доби	24 год	18,7 год
	2000	5,1 доби	3,6 доби	2,6 доби	1,9 доби	1,4 доби	1,1 доби	20,7 год
	10 000	5,8 доби	4 доби	2,9 доби	2,1 доби	1,6 доби	1,2 доби	23,1 год
	30 000	6,2 доби	4,3 доби	3,1 доби	2,3 доби	1,7 доби	1,3 доби	1 доба

**Таблиця 3.5.13 – ЗНАЧЕННЯ**  
коефіцієнта  $K_u$  залежно від швидкості вітру

Швидкість вітру (м/с)	1	2	3	4	5	6
$K_u$	1,0	0,70	0,55	0,43	0,37	0,32

**ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ**  
деяких НХР

№ з/п	Назва НХР	Молекулярна маса М (г/моль)	Густина $\rho$ (кг/м-3)		Температура кипіння $t_k/T_k$ (оС/К)	Питома теплота випаровування $\lambda$ , (кДж/кг)	Питома теплоємність рідини $C_p$ (кДж/кг × оС)	Порогова токсодоза PC <sub>50</sub> (г × с/м-3)
			газ	рідина				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	Аміак: зберігання під тиском	17,03	0,8	682	-33,4/239,6	1190,7	4,78	454
	зберігання в ізотермічних ємкостях		-	682				

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. №	

Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	КРМ.ХУКП.1.784-03.2.19	Арк.
							65

## ДОВІДКОВА ІНФОРМАЦІЯ про деякі НХР

№ з/п	Назва НХР	Хімічна формула	Агрегатний стан	Спосіб перевезення та зберігання
1	Аміак	NH <sub>3</sub>	Безбарвний газ із задушливим різким запахом, легший за повітря, розчинний у воді	<p>Клас небезпеки - 4. ГДК у робочій зоні - 20 мг/м-3. ГДК у повітрі населеного пункту: разова - 0,2 мг/м-3; добова - 0,04 мг/м-3. Перевезення та зберігання: у зрідженому стані під тиском власних парів 6-18 кгс/см-2. Може зберігатися в ізотермічних резервуарах за атмосферного тиску. Димить у разі викидання в атмосферу. Вибухо- та пожежонебезпека: горючий, горить за наявності постійного вогню. Під час нагрівання ємності вибухають. З повітрям утворює вибухо-небезпечні суміші. Накопичується в низинах, тунелях, підвалах тощо</p>

### ШВИДКІСТЬ

**перенесення переднього фронту хмари забрудненого повітря V залежно від швидкості вітру u та ступеня вертикальної стійкості повітря в приземному шарі**

Швидкість вітру u ( м/с)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Значення швидкості перенесення переднього фронту хмари забрудненого повітря V (км/год)	Інверсія									
	5	10	16	21						
	Ізотермія									
	6	12	18	24	29	35	41	47	53	59
	Конвекція									
	7	14	21	28						

Оцінка хімічної обстановки передбачає визначення масштабів та ступеня небезпеки хімічного забруднення.

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. №	

Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	КРМ.ХУКП.1.784-03.2.19	Арк. 66
-----	--------	------	--------	--------	------	------------------------	------------

## Результати прогнозування масштабів хімічного забруднення у разі витoku аміаку з обладнання системи холодопостачання

У разі розгерметизації окремого обладнання (технологічних вузлів), у разі спрацьовування системи аварійного захисту та/або виконання обслуговуючим персоналом вимог та інструкцій Оперативної частини ПЛАС АХУ по відсіченню аварійної ділянки запірною арматурою протягом часу, встановленого НТД, витік аміаку може бути на рівні кількох сотень кілограмів. Оцінка хімічної обстановки, якщо відомий обсяг викиду, проводиться згідно з методикою проведення аварійного прогнозування.

У разі, якщо відбудеться відмова системи аварійного захисту та обслуговуючий персонал не відпрацює протиаварійні дії по аварійній ситуації, що теоретично можливо у разі катастрофічній дії зовнішніх факторів природного або техногенного походження, руйнуванні будівлі (установки), небезпека АХУ оцінюється від максимальної кількості небезпечної речовини, яка може перебувати в системі відповідно до розрахунку експлуатаційної ємності – 17,4 тонни аміаку.

Результати довгострокового прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечної хімічної речовин – аміаку відповідно до "Методики прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин під час аварій на хімічно небезпечних об'єктах і транспорті" для ТОВ Агро-Овен.

Для довгострокового прогнозування використовуються такі дані:

- кількість ОХВ – 1,865 тонн;
- температура аміаку – 25 °С

метеорологічні умови:

- швидкість вітру в приземному шарі - 1 м/с;
- температура повітря 20°С;
- ступінь вертикальної стійкості повітря – інверсія;
- напрямок вітру не враховується;
- середня щільність населення м. Дніпро – 2394 осіб/км<sup>2</sup>.

Зона зараження має вигляд кола, кут розповсюдження хмари забрудненого повітря для ЗМХЗ - 360°, для ПЗХЗ кут визначається відповідно до розрахункових даних.

За результатами прогнозування отримані такі дані:

- глибина Г1 (км) поширення первинної хмари НХР – 0,058 км;

Зам. інв. №						
	Підпис і дата					
Інв. №						
	КРМ.ХУКП.1.784-03.2.19					
	Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата
						Арк. 67

- глибина Г2 (км) поширення вторинної хмари НХР – 0,192 км;
- глибина зони хімічного зараження (з урахуванням типу місцевості) – до 0,692 км;
- площа зони можливого хімічного забруднення - до 1,506 км<sup>2</sup>.
- кількість населення, що може опинитися у прогнозованій зоні хімічного зараження, згідно даних довгострокового прогнозування - до 179 осіб.

Згідно з прогнозом відповідно до затверджених методик, час підходу зараженої хмари до підрозділів об'єкта складе від 0,5 хв.

Час підходу аміачної хмари до інших промислових об'єктів, житлової зони та транспортних магістралей за прогнозом – від 8,1 хв. Докладні дані щодо часу підходу зараженої хмари до об'єктів, що знаходяться в потенційно небезпечній зоні, та умовний поділ прилеглої території на сектори представлено на Ситуаційному плані – дивись лист 5.

Оскільки аварій прогнозованого рівня більш ніж за 100 років використання аміаку як робочої речовини холодильних систем не зареєстровано, адекватність одержуваних результатів прогнозу за затвердженою "Методикою..." можливих наслідків не підтверджено.

### 3.6. Прогнозування рівня вибухонебезпеки обладнання АХУ

Прогнозування рівня вибухонебезпеки блоків АХУ виконано на основі вказівок НПАОП 0.00-1.41-88 "Загальні правила вибухобезпеки для вибухопожежонебезпечних хімічних, нафтохімічних і нафтопереробних виробництв", "Методики визначення рівня вибухонебезпечності блоків систем холодопостачання щодо відносного значення енергетичного потенціалу", ДСТУ Б В.1.1-36:2016 "Визначення категорій приміщень, будинків, установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою".

Методика, у відповідності до якої були виконані розрахунки рівня вибухонебезпечності холодильної системи підприємства. Методика розроблена для вибухонебезпечного обладнання систем холодопостачання, в результаті розгерметизації яких можливий виток аміаку з наступною небезпекою вибуху при утворенні пароповітряної суміші з об'ємним вмістом аміаку від 15 до 28 % (107-200 мг/л).

У методиці прийняті позначення і використана така термінологія:

ПГФ – парогазова фаза;

Зам. інв. №	
Підпис і дата	
Інв. №	

Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

KPM.XYKП.1.784-03.2.19

Арк.

68



Таким чином, загальний енергетичний потенціал вибухонебезпечності обладнання холодильної системи розраховувався за знайденими складовими згідно формули:

$$E = E1' + E2' + E1'' + E4''$$

Під час розрахунку загального енергетичного потенціалу вибухонебезпечності обирався найбільш несприятливий варіант аварії, коли у вибуху може брати участь максимально можлива кількість пари аміаку. Розрахункова кількість рідкого аміаку, яка може перебувати в апараті (посудинах) холодильної системи, згідно з методикою, приймалася відповідно до вказівок діючих ПБіБЕ АХУ або за робочим заповненням, зазначеним у паспортах заводів-виробників обладнання.

Визначивши загальний енергетичний потенціал вибухонебезпечності обладнання АХУ, розраховувалася загальна маса горючої пари вибухонебезпечної парогазової хмари, що приведена до умовної одиниці – питомої енергії згоряння (т, кг), а також визначалося відносне значення енергетичного потенціалу вибухонебезпечності розгерметизованої ділянки (вузла) системи холодопостачання Qв. За цими даними, відповідно до використовуваної методики, здійснювалася класифікація (категорювання) вузлів холодильної установки та системи в цілому.

Фактичний характер розподілу пари аміаку в утвореній хмарі обумовлює участь не всієї пари аміаку в реальному вибуху, тому в розрахунок вводився коефіцієнт участі маси пари аміаку у вибуху та розраховувалася маса пари, що бере участь у ньому, m', кг.

Отримані за результатами розрахунку значення дозволяють визначити радіус зони руйнування у разі можливого вибуху суміші пари аміаку з повітрям.

Оцінку рівня вибухонебезпечності обладнання аміачної холодильної установки було виконано згідно з вищеописаною методикою для найбільш вибухонебезпечних апаратів, посудин та агрегатів холодильної системи холодопостачання холодильника.

Вихідні дані, припущення та обмеження, які були прийняті під час проведення розрахунків:

температура конденсації холодильного агента – +32 °С;

температура кипіння холодильного агента – мінус 41°С (система охолодження теплообмінних секцій картонажного фрізера), мінус 29°С (система безпосереднього охолодження камер зберігання замороженої продукції на другому поверсі), мінус 9°С

Зам. інв. №
Підпис і дата
Інв. №

						КРМ.ХУКП.1.784-03.2.19	Арк.
							70
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

(система холодопостачання камер повітряно-крапельного охолодження, плівчастого випарника і камер зберігання охолодженої продукції на першому поверсі), мінус 4°C (система охолодження проміжного холодоносія для забезпечення роботи припливних вентиляційних установок, місцевого кондиціонування приміщень виробничого цеху, приміщень рампи, експортного цеху на першому і другому поверхах холодильника, коридорів першого поверху холодильника);

регламентний тиск у системі в робочому режимі:

сторона високого тиску (тиск конденсації) - 11,1 атн.;

сторона низького тиску – мінус 0,32 атн. (система охолодження теплообмінних секцій картонажного фрізера), 0,26 атн. (система безпосереднього охолодження камер зберігання замороженої продукції на другому поверсі), 2,01 атн. (система холодопостачання камер повітряно-крапельного охолодження, плівчастого випарника і камер зберігання охолодженої продукції на першому поверсі), 2,66 атн. (система охолодження проміжного холодоносія для забезпечення роботи припливних вентиляційних установок, місцевого кондиціонування приміщень виробничого цеху, приміщень рампи, експортного цеху на першому і другому поверхах холодильника, коридорів першого поверху холодильника);

тиск у системі в режимі відтаювання інею з поверхні приладів охолодження - 7 атн.;

заповнення рідким агентом посудин, апаратів, трубопроводів:

мастилозбірників, мастилопосудин - 0% геометричної ємності;

випарних конденсаторів – за даними виробника;

лінійних ресиверів – 50% геометричної ємності;

циркуляційних ресиверів – в залежності від встановленого верхнього аварійного рівня;

повітроохолоджувачів – 70% геометричної ємності;

парових трубопроводів – 0% геометричної ємності;

рідинних трубопроводів – 100% геометричної ємності;

трубопроводів поєднаного відсмоктування пари та зливу рідкого аміаку – за густиною парорідинної суміші з урахуванням кратності циркуляції.

на систему охолодження з температурою кипіння  $t_0 = \text{мінус } 41^\circ\text{C}$  в робочому режимі працює два компресорні агрегати SP2 XAE-6D(R);

Зам. інв. №	Підпис і дата	Інв. №							
			Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	

на систему охолодження з температурою кипіння  $t_0 = \text{мінус } 29^\circ\text{C}$  в робочому режимі працює один компресорний агрегат SPduo WD-3B;

на кожну систему охолодження з окремою температурою кипіння у робочому режимі підключено по одному циркуляційному ресиверу;

площа витoku PФ у компресорному цеху, холодильних камерах визначалася згідно з рекомендаціями, для обладнання конденсаторного відділення – з урахуванням наявності обвалування, рекомендацій;

розрахунок кількості ПРФ, що надійшла з суміжних систем до аварійної ділянки для випарних конденсаторів і лінійних ресиверів враховував дію (роботу) компресорного обладнання. При цьому передбачалося, що викид аміаку з нагнітальних трубопроводів буде відбуватися в період з максимальним навантаженням;

розрахунок кількості аміаку, що надійшов, по суміжних парових трубопроводах до аварійної ділянки від апаратів, усередині яких знаходиться ПРФ і PФ, враховував викид пари, що утворилася в них за рахунок різкого падіння тиску до рівня атмосферного;

передбачалося, що у разі аварії нагнітальних пристроїв спрацювують зворотні клапани, розташовані за компресорами і насосами по ходу аміаку, при цьому виток з боку нагнітання не відбувається;

швидкості адіабатного витoku ПРФ із суміжного обладнання обмежувалася значеннями критичної швидкості витoku газу;

під час розгляду аварії пластинчастого випарника і випарних конденсаторів умовно передбачалося, що вихід аміаку стався на ділянці, що не контактує з водою технологічного призначення (найнебезпечніший сценарій розвитку аварії, при якому не відбувається нейтралізація холодоагенту водою);

рівень вибухонебезпечності приладів охолодження визначено для кожної системи (з температурами кипіння  $t_0 = \text{мінус } 41^\circ\text{C}$ ,  $t_0 = \text{мінус } 29^\circ\text{C}$ ,  $t_0 = \text{мінус } 9^\circ\text{C}$ ,  $t_0 = \text{мінус } 4^\circ\text{C}$ ) по обладнанню з найбільшою аміакоємністю;

рівень вибухонебезпечності дренажного ресивера визначено для випадку тимчасового зберігання рідкого аміаку та його відсікання від системи.

Результати розрахунків прогнозування рівня вибухонебезпечності обладнання аміачної холодильної установки підприємства представлені у таблиці 3.1.

Зам. інв. №						Арк. 72
Підпис і дата						КРМ.ХУКП.1.784-03.2.19
Інв. №						72
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	

Таблиця 3.6.1 – Характеристики максимальних рівнів вибухонебезпечності холодильного обладнання АХУ

№ п/п	Найменування аварії	$E \cdot 10^{-6}$ , кДж	$Q_B$	m, кг	m', кг	Радіус зони руйнування				
						R <sub>1</sub> , м	R <sub>2</sub> , м	R <sub>3</sub> , м	R <sub>4</sub> , м	R <sub>5</sub> , м
Компресорний цех, конденсаторне відділення										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Розгерметизація форконденсатора Н100, Н200	1,59	7,06	34,58	17,29	1,05	1,55	2,71	7,75	15,51
2	Розгерметизація конденсатора С010, С020, С030, С040, С050, С060, С070, С080*	46,8	21,8	1018	101,8	3,22	4,75	8,31	23,75	47,51
3	Розгерметизація горизонтального лінійного ресивера R101, R102	12,45	14,01	270,7	71,20	2,59	3,81	6,67	19,07	38,13
4	Розгерметизація горизонтального дренажного ресивера R103, R104	10,2	8,4	221,5	58,3	2,28	3,35	5,87	16,8	33,5
4	Розгерметизація переохолоджувача Н300	4,41	9,92	95,98	25,23	1,33	1,96	3,43	9,8	19,6
5	Розгерметизація технологічного блоку циркуляційний ресивер R292 (система з $t_0 = \text{мінус } 29^\circ\text{C}$ ) – аміачні насоси	1,53	6,97	33,3	8,76	0,7	1,06	1,84	5,28	10,56
6	Розгерметизація регулюючої станції циркуляційного ресивера R292 (система з $t_0 = \text{мінус } 29^\circ\text{C}$ )	1,16	6,36	25,2	6,63	0,63	0,92	1,62	4,61	9,23
7	Розгерметизація технологічного блоку циркуляційний ресивер R415 (система з $t_0 = \text{мінус } 41^\circ\text{C}$ ) – аміачні насоси	3,11	8,83	33,79	5,66	1,07	1,58	2,76	7,89	15,77
8	Розгерметизація регулюючої станції циркуляційного ресивера R415 (система з $t_0 = \text{мінус } 41^\circ\text{C}$ )	3,0	8,72	65,22	17,15	1,05	1,54	2,70	7,72	15,44
9	Розгерметизація технологічного блоку циркуляційний ресивер R043 (система з $t_0 = \text{мінус } 4^\circ\text{C}$ ) – пластинчасті випарники Н046, Н047	3,29	9,00	71,51	18,81	1,11	1,63	2,86	8,16	16,32
10	Розгерметизація регулюючої станції циркуляційного ресивера R043 (система з $t_0 = \text{мінус } 4^\circ\text{C}$ )	9,0	12,58	51,44	195,59	2,1	3,1	5,42	15,48	30,95
11	Розгерметизація технологічного блоку циркуляційний ресивер R094 (система з $t_0 = \text{мінус } 9^\circ\text{C}$ ) – аміачні насоси	6,05	11,02	131,6	65,81	2,46	3,63	6,35	18,13	36,26

Продовження табл. 3.6.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
12	Розгерметизація регулюючої станції циркуляційного ресивера R094 (система з $t_0 = \text{мінус } 9^\circ\text{C}$ )	3,3	9,01	71,82	35,91	1,67	2,46	4,30	12,27	24,55
13	Розгерметизація горизонтального дренажного ресивера R103, R104	10,19	13,11	221,5	58,25	2,28	3,35	5,87	16,77	33,53
14	Конструктивна поломка компресорного агрегату SPduo WD-3B (K291) (система охолодження $t_0 = \text{мінус } 29^\circ\text{C}$ )	24,03	17,45	522,4	137,4	3,81	5,61	9,81	28,03	56,06
15	Конструктивна поломка двоступеневого компресорного агрегату SP2 XAE-6D(R) (K411, K412, K413) (система охолодження $t_0 = \text{мінус } 41^\circ\text{C}$ )	22,65	17,11	492,4	129,5	3,68	5,42	9,49	27,09	54,19
16	Конструктивна поломка одноступеневого компресорного агрегату SP1 WB-1B (K041) (система охолодження $t_0 = \text{мінус } 4^\circ\text{C}$ )	20,80	16,64	452,5	119,0	3,05	5,17	9,04	25,84	51,67
17	Конструктивна поломка одноступеневого компресорного агрегату SP1 SB-1B (K042) (система охолодження $t_0 = \text{мінус } 4^\circ\text{C}$ )	20,43	16,53	444,1	116,8	3,47	5,11	8,95	25,57	51,14
18	Конструктивна поломка одноступеневого компресорного агрегату SP1 WB-1D (K091, K092, K093) (система охолодження $t_0 = \text{мінус } 9^\circ\text{C}$ )	20,60	16,58	447,9	117,8	3,49	5,14	8,99	26,69	51,38
19	Розгерметизація регулюючої станції гарячої пари для відтаювання	15,9	15,21	345,9	172,93	4,37	6,44	11,28	32,22	64,43
Холодильник, технологія										
20	Камера ПК0 №1 (система охолодження $t_0 = \text{мінус } 9^\circ\text{C}$ )	17,48	15,70	379,9	190,0	4,64	6,84	11,97	34,20	68,40
21	Регулююча станція повітроохолоджувача в камері ПК0 №1	9,56	12,84	207,8	103,9	3,26	4,80	8,40	24,01	48,02
22	Камера ПК0 №2 (система охолодження $t_0 = \text{мінус } 9^\circ\text{C}$ )	17,25	15,63	374,9	187,5	4,6	6,71	11,87	33,91	67,81
23	Регулююча станція повітроохолоджувача в камері ПК0 №2	6,0	10,99	130,50	65,25	2,45	3,61	6,31	18,03	36,07

Продовження табл. 3.6.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
24	Плівковий охолоджувач води (система охолодження $t_0 =$ мінус $9^{\circ}\text{C}$ )	0,75	5,49	16,21	4,35	0,69	1,02	1,78	5,08	10,15
25	Регулююча станція плівкового охолоджувача води	0,72	5,43	15,74	7,87	0,68	1,00	1,75	5,00	10,01
26	Камера №15 (система охолодження $t_0 =$ мінус $9^{\circ}\text{C}$ )	11,65	13,71	253,2	126,6	3,63	5,35	9,36	26,75	53,49
27	Регулююча станція повітроохолоджувачів камери №15	11,58	13,68	251,8	125,9	3,62	5,33	9,33	26,66	53,32
28	Камера №21(система охолодження $t_0 =$ мінус $9^{\circ}\text{C}$ )	15,12	14,96	328,8	164,4	4,23	6,24	10,93	31,21	62,43
29	Регулююча станція повітроохолоджувачів камери №21	4,98	10,33	108,3	54,14	2,17	3,20	5,60	16,0	31,99
30	Багатоповерховий картонажний морозильник Heinen Packfrost pf 7 / 225 D (система охолодження $t_0 =$ мінус $41^{\circ}\text{C}$ )	11,46	13,64	249,2	124,6	3,60	5,30	9,28	26,51	53,01
31	Регулююча станція випарної секції багатоповерхового картонажного морозильника	15,91	15,21	345,9	172,9	4,37	6,44	11,28	32,22	64,43

Примітка:

1. R1 - радіус зони 100% руйнування; R2 - радіус зони 50% руйнування; R3 - радіус зони сильних руйнувань; R4 - радіус зони часткових пошкоджень; R5 - радіус зони легких пошкоджень (вибите віконне скло); радіуси зон руйнування розраховані за величиною  $m'$ ; E - загальний енергетичний потенціал вибухонебезпечності;  $Q_v$  - відносне значення енергетичного потенціалу вибухонебезпечності;  $m'$  - маса пари аміаку, яка бере участь у вибуху;  $m$  - загальна маса горючої пари вибухонебезпечної парової хмари, приведена до умовної одиниці - питомої енергії згорання.
2. \* - вибух аміачно-повітряної суміші на відкритому просторі не прогнозується.

### 3.7. Визначення прийняттого ризику

Прийнятний ризик для об'єктів "турботи", що визначені в процесі постановки завдання дослідження ризику, повинен встановлюватися місцевими органами виконавчої влади з урахуванням:

- чинних нормативних актів;
- угод між суб'єктом господарської діяльності, що є власником об'єкта підвищеної небезпеки, та зацікавленими сторонами;
- економічних і соціальних умов регіону;
- експертних оцінок;
- досвіду інших регіонів;
- інших обставин.

Для об'єкта підвищеної небезпеки прийнятний ризик встановлюється з урахуванням створюваного ним масштабу небезпеки та розташування в регіоні інших підприємств, що мають об'єкти підвищеної небезпеки, за умови, що сумарний ризик виникнення небажаних наслідків не перевищує встановленого цією Методикою.

Встановлюється значення, вище якого ризик вважається абсолютно неприйнятним (верхній рівень), і значення, нижче якого ризик вважається абсолютно прийнятним (нижній рівень).

Якщо місцевими радами не встановлений прийнятний ризик для визначених об'єктів "турботи", то для складання декларації безпеки об'єктів підвищеної небезпеки застосовуються рівні, наведені у цій Методиці.

Для життя людини рекомендується вважати неприйнятним:

$R_t > 10^{-5}$  - для територіального ризику за межами

санітарно-захисної зони підприємства, що має у своєму складі хоча б один об'єкт підвищеної небезпеки,

$R_i > 10^{-6}$  - для індивідуального ризику - для людини, яка знаходиться в конкретному регіоні за межами санітарно-захисної зони підприємства, яке має у своєму складі хоча б один об'єкт підвищеної небезпеки (місті, селищі, селі, на території промислової зони підприємств і організацій тощо),

$R_s > 10^{-5}$  - для соціального ризику загибелі понад 10 чоловік

Зам. інв. №
Підпис і дата
Інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

протягом одного року у виділеному регіоні за межами санітарно-захисної зони підприємства, яке має у своєму складі хоча б один об'єкт підвищеної небезпеки (місті, селищі, селі, на території підприємств і організацій).

Як критерій соціального ризику може використовуватися також очікувана кількість загиблих у виділеному регіоні за межами санітарно-захисної зони підприємства (місті, селищі, селі, на території підприємств і організацій, що знаходяться у промисловій зоні тощо) на 1000 жителів  $MD > 10^{-3}$ .

В усіх випадках ризик аварій на об'єкті підвищеної небезпеки для населення рекомендується вважати абсолютно прийнятним при рівнях:

- територіального ризику  $R_t \geq 10^{-7}$  ;
- індивідуального ризику  $R_i \geq 10^{-8}$  ;
- соціального ризику  $R_s \geq 10^{-7}$  чи  $D \leq 10^{-5}$ .

Місцеві органи виконавчої влади з урахуванням особливостей регіону можуть встановлювати інші значення верхнього та нижнього рівнів ризику. Значення верхнього рівня кожного з перерахованих вище критеріїв прийнятності ризику можуть встановлюватися в 100 разів нижчі від їх аналогів, які пов'язані з небезпекою повсякденного життя та ризиком проживання в регіоні (дорожньо-транспортні пригоди, нещасні випадки в побуті, пожежі, вибухи газу тощо).

В усіх випадках прийнятний ризик, що встановлюється органами виконавчої влади у регіонах, не повинен перевищувати рівнів, установлених цією Методикою.

Для прийняття рішень щодо дозволів на експлуатацію, будівництво чи реконструкцію об'єктів підвищеної небезпеки, може використовуватися кожний з перерахованих вище критеріїв прийнятності ризику (територіальний, індивідуальний чи соціальний) чи їх сукупність, в залежності від специфіки об'єкта.

Для інших об'єктів "турботи" ризиками можуть бути:

- для соціально важливих об'єктів - імовірність аварій на об'єкті підвищеної небезпеки протягом одного року, які можуть призвести до припинення їх функціонування на термін, що перевищує встановлений нормами термін припинення їх життєдіяльності або вказаний;

Зам. інв. №							КРМ.ХУКП.1.784-03.2.19	Арк.
Підпис і дата								
Інв. №								
	Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата		

- для майна юридичних і фізичних осіб - імовірність аварії на об'єкті підвищеної небезпеки протягом одного року, яка призвела до ушкодження чи знищення майна фізичних чи юридичних осіб у розмірах, що перевищують вказані;

- для елементів екосистеми - ймовірність аварії на об'єкті підвищеної небезпеки протягом одного року з еколого-економічними збитками, внаслідок негативного впливу аварії на флору, фауну, довкілля, у розмірах, що перевищують вказані або встановлені місцевими органами виконавчої влади.

Для кожного визначеного об'єкта "турботи" чи групи об'єктів "турботи", для яких установлюється прийнятний ризик, небажані негативні наслідки, що є предметом угоди для встановлення рівня прийнятного ризику, можуть конкретизуватися.

Розглядаються такі негативні наслідки:

- евакуація або обмеження вільного пересування людей на період понад 2 години, в разі якщо кількість людей, помножена на кількість годин, більше 500;
- припинення постачання питної води, електроенергії, газу, телефонного зв'язку понад 2 години, якщо кількість людей, помножена на кількість годин, більше 1000;
- постійні чи тимчасові збитки ґрунту площею понад 5 га, включаючи сільськогосподарські угіддя;
- значні чи довгострокові збитки прісноводним чи морським середовищам існування, у тому числі понад 10 км ріки чи каналу; понад 1 га озера чи ставка, понад 2 га берегової лінії відкритого моря;
- значні чи довгострокові збитки водному об'єкту, поверхневим водоймам площею понад 1 га, підземним водам;
- нанесення збитків житлу за межами підприємства та приведення його в непридатність;
- збитки майну за межами підприємства, інші збитки об'єктам "турботи" на суму понад 2500000 гривень або на суму, що встановлена угодою зацікавлених сторін;

Верхній та нижній рівні прийнятного ризику небажаних наслідків для об'єктів "турботи", що зазначені вище, внаслідок аварії на об'єктах підвищеної небезпеки повинні встановлюватися з урахуванням ризику настання аналогічних подій поблизу об'єкта підвищеної небезпеки з причин, що не пов'язані з аваріями. Їх рівень рекомендується встановлювати в 100 разів нижче.

Зам. №							Арк.
№							78
	Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата	



- тепловий вплив "вогненної кулі" на технологічне устаткування, приміщення компресорного цеху, будівлі й спорудження інших ділянок підприємства, сусідніх об'єктів та житлової зони (особливо необхідно виділити тут вплив теплового випромінювання на людей);
- подальше розширення масштабів пожежі.

Окремі аспекти в прийнятті необхідних для прогнозування наслідків аварії допущень у даному розділі суперечать допущенням, зробленим у попередньому розділі. Там було прийнято, що уся маса розлитого аміаку випариться за деякий час, відповідно виникне зона можливого хімічного забруднення, в яку, знову ж відповідно, попаде велика кількість людей. Наявність системи вентиляції компресорного цеху, висока температура випаровування аміаку, наявність напрямків та інші аспекти суперечать таким допущенням, що повітряно-аміачна суміш, як хмара довольної концентрації, безперешкодно поширюється з "джерела" аварії в навколишнє середовище. Тому, у рамках цього параграфу, приймемо, що повітряно-аміачна хмара може утворитися в приміщеннях компресорного цеху, камерах холодильної обробки за рахунок випаровування в атмосферу повітря розлитого аміаку до досягнення мінімальної концентрації можливого займання (15% об.). Після займання може реалізуватися "пожежа-спалах", термін "вогненна куля" тут не відображає суті, оскільки він, у більшій мірі, характерний для спалаху повітряновуглецеводневої суміші (хмари) у відкритому просторі (з висотою підняття над землею). Горіння-спалах повітряно-аміачної суміші характеризується двома уражаючими факторами – тепловим випромінюванням і надлишковим тиском з ударною хвилею. Прогнозування наслідків аварії у попередньому параграфі не відповідає загальним вимогам щодо необхідного ймовірнісного характеру такого прогнозування.

Виходячи з відомих термодинамічних властивостей аміаку, вважаємо, що максимальна інтенсивність надходження пари аміаку в навколишнє повітря відбувається протягом перших 5÷10 хвилин із моменту розгерметизації холодильної установки, наступного розливу аміаку з утворенням "дзеркала випаровування". При цьому вважаємо (погіршення реальної ситуації), що з холодильної системи витікає практично увесь аміак. У такому випадку інтенсивне випаровування розливої рідини аміаку відбувається у результаті тепловіддачі від більш теплої поверхні підлоги компресорного цеху, його напрямків, а також теплоприпливів від повітря до поверхні розливу. Рідкий аміак через

Зам. №							Арк.
Підпис і дата							80
№							КРМ.ХУКП.1.784-03.2.19
	Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата	

випаровування швидко охолоджується (заохолоджується), при цьому інтенсивність (швидкість) випаровування різко знижується. У зв'язку з цим час  $\tau_k$  контакту й випаровування рідкого аміаку приймаємо рівним 10 хвилинам = 600 сек. Маса аміаку, що перейшов у парову фазу, буде дорівнювати сумі  $(m_1 + m_2)$  мас, де маса  $m_1$  – отримана за рахунок теплоти від поверхні підлоги (знизу),  $m_2$ , – отримана за рахунок теплоти від атмосферного повітря (зверху).

Коефіцієнт теплової активності поверхні підлоги (піддона)  $\varepsilon$ , ккал/(м<sup>2</sup> · °С · час<sup>1/2</sup>) обчислюємо по формулі

$$\varepsilon = (\lambda \cdot c_p \cdot \rho)^{1/2},$$

де  $\lambda = 1,10$  ккал/(м · град · час) – теплопровідність матеріалу підлоги компресорного цеху (бетонна стяжка);

$c_p = 0,27$  ккал/(кг · град) – питома ізобарна теплоємність матеріалу підлоги компресорного цеху (бетонна стяжка);

$\rho = 2300$  кг/м<sup>3</sup> – густина матеріалу підлоги компресорного цеху (бетонна стяжка).

У результаті розрахунку одержуємо для  $\varepsilon$  величину, рівну 26,14 ккал/(м<sup>2</sup> · град · час<sup>1/2</sup>)

Масу рідкого аміаку, що перейде у парову фазу за рахунок теплоти від підлоги компресорного цеху, обчислюємо за формулою

$$m_1 = \frac{0,5 \cdot 1,13 \cdot t_k \cdot \varepsilon \cdot F_k \cdot (\tau_k)^{1/2}}{r},$$

де:  $t_k = 20^\circ\text{C}$  – температура поверхні підлоги компресорного цеху, прямиків;

$F_k \cong 94,0 + (2,0 \cdot \sqrt{94,0} \cdot 2,3) = 138,6$  м<sup>2</sup> – площа поверхні прямиків компресорного цеху, що можуть бути залиті рідким аміаком і контактувати шляхом теплообміну з аміаком;

$V = 327$  ккал/кг – теплота випаровування аміаку при тиску 1 атм. (нормальні умови).

У результаті розрахунків одержуємо  $m_1 = 30667$  кг.

Масу аміаку, що випарився в результаті надходження теплоти від повітря компресорного цеху, розрахуємо по емпіричній формулі

Зам. Інв. №							Підпис і дата							Арк.	
								КРМ.ХУКП.1.784-03.2.19							81
	Інв. №							Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата		

$$m_2 = 10^{-6} \cdot \eta \cdot P_n \cdot M^{1/2},$$

де:  $P_n = 100$  кПа – тиск (у кПа) насиченої пари аміаку при температурі кипіння, тобто при температурі нормального кипіння, рівної мінус  $33,35$  °С;

$M = 17,03$  г/моль – молекулярна маса аміаку;

$\eta = 7,7$  – безрозмірний коефіцієнт, що враховує вплив швидкості й температури повітря над "дзеркалом випаровування" рідкого аміаку. Цей коефіцієнт визначається з емпіричних таблиць, при цьому прийнято, що швидкість повітряного потоку над "дзеркалом випаровування" становить  $1$  м/с (максимум для закритих приміщень), а температура повітря становить  $20$ °С. Зі збільшенням температури значення цього коефіцієнта зменшуються, тобто прийняте значення для  $\eta$  "збільшує" можливі значення  $m_2$ . Проте, розрахункове значення  $m_2 = 3,18 \cdot 10^{-3}$  кг, що є занадто малою величиною в порівнянні з  $m_1$ .

У результаті одержуємо, що маса аміаку, що може випаритись, становить  $m = 3066,7$  кг.

Закономірності змішування пари аміаку й повітря приміщення компресорного цеху по суті не відомі, тому оцінку ефективного горизонтального розміру зони хмари, що характеризується нижньою концентраційною границею займання, проведемо по нормативній емпіричній формулі

$$R_{\text{нкпр}} = 14,5632 \left( \frac{m}{\rho \cdot C_{\text{нкпр}}} \right)^{1/3},$$

де:  $R_{\text{нкпр}}$  – радіус зони, що характеризується значенням концентрації аміаку, вищої або рівної нижній концентраційній границі

$C_{\text{нкпр}} = 15\%$  об. займання суміші, м;

$m$  – маса аміаку, що випарився в атмосферу компресорного цеху, кг;

$\rho$  – густина газоподібного аміаку при нормальному тиску ( $1$  атм.) і розрахунковій температурі, що приймають рівною максимальному значенню у відповідній кліматичній зоні (для м. Одеси –  $38$ °С), кг/м<sup>3</sup>.

Густина газоподібного аміаку розраховуємо по формулі

$$\rho = \frac{M}{V_0 \cdot (1 + t_B / 273,15)},$$

Зам. Інв. №						Арк.
Підпис і дата						КРМ.ХУКП.1.784-03.2.19
Інв. №	Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата

де  $M = 17,03$  кг/моль,  $t_B = 38^\circ\text{C}$ ,  $V_0 = 22,413$  м<sup>3</sup>/кмоль – молярний об'єм при  $P = 1$  атм.  
 При цьому  $\rho = 0,667$  кг/м<sup>3</sup>, а підстановка отриманих значень у формулу для  $R_{\text{нкпр}}$  дає значення

$$R_{\text{нкпр}} = 98,19 \text{ м.}$$

Із цього значення тепер можна розраховувати радіус  $R_n$  (у метрах) зони теплової дії "пожежі-спалаху", тобто високотемпературних продуктів згоряння, по формулі

$$R_n = R_{\text{нкпр}} \cdot (E - 1)^{1/3},$$

де  $E$  – коефіцієнт розширення продуктів згоряння й може бути прийнятий рівним 7.  
 Тоді

$$R_n = 98,19 \cdot (7 - 1)^{1/3} = 178,42 \text{ м.}$$

Перевірку якості отриманих прогнозних значень кількості  $m$  аміаку, що випарився, радіусу  $R_{\text{нкпр}}$  хмари й радіусу зони теплового впливу "пожежі-спалаху" можна здійснити іншим шляхом, опираючись на нормативне середнє значення для інтенсивності (швидкості  $W$ ) випаровування аміаку, що дорівнює  $3,18 \cdot 10^{-3}$  кг/(м<sup>2</sup> сек).  
 Тоді оцінка маси аміаку, що випарився, буде дорівнювати

$$m = W \cdot F_k \cdot \tau_k = 3,18 \cdot 10^{-3} \cdot 138,6 \cdot 600 = 264,4 \text{ кг.}$$

За тими ж формулами одержуємо, що в такому варіанті  $R_{\text{нкпр}} = 43,38$  м, а  $R_n = 78,83$  м.  
 Ці значення близькі до отриманих вище, і їм ми віддамо перевагу, оскільки вони отримані більш аргументованим методом за своїми значеннями.

Для проведення аналізу імовірнісних аспектів "пожежі-спалаху" у плані теплової дії на людей, їхньої можливої загибелі проводимо розрахунок імовірності збитку в рамках закону нормального розподілу ймовірностей (через так звану "пробіт-функцію" –  $Pr$ ). Ці величини пов'язані співвідношенням

$$P\left(\frac{Y}{A}\right) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{Pr} e^{-\frac{(x-5)^2}{2}} \cdot dx,$$

де  $\frac{Y}{A}$  – подія, що полягає у виникненні збитку при реалізації умови реалізації аварії  $A$  (у точці зони дії факторів небезпеки).

Зам. №						Арк.
Підпис і дата						КРМ.ХУКП.1.784-03.2.19
№	Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата

Проведені розрахунки дають, що для ймовірності ураження людини, рівної 0,10, відповідна "пробіт-функція"  $Pr = 3,72$ , а для  $P\left(\frac{Y}{A}\right) = 0,50$  значення  $Pr = 5,00$ .

Коли вражаючим фактором для людей є теплова дія (випромінювання) "пожежі-спалаху", то "пробіт-функція" пов'язана з дозою теплового випромінювання  $D$  співвідношенням

$$Pr = a + b \cdot \ln(D),$$

де:  $D = \tau \cdot q^{4/3}$ ,

$q$  – щільність теплового потоку, Вт/м<sup>2</sup>;

$\tau$  – ефективний час експозиції.

Для випадку смертельного результату від поразки тепловим випромінюванням "людини в одязі" коефіцієнти  $a$  й  $b$  приймають значення:

$$a = -37,23, \quad b = 2,56.$$

Навпаки, при заданому значенні  $Pr$ , відповідна доза  $D$  випромінювання визначається як

$$D = \exp\left[\frac{Pr + 37,23}{2,56}\right], [(Вт/м^2)^{4/3} \cdot с].$$

Для випадку  $Pr_1 = 3,72$  й  $Pr_2 = 5,00$  одержуємо відповідні значення доз випромінювання

$$D_1 = 88515, (кВт/м^2)^{4/3} \cdot с,$$

$$D_2 = 14594, (кВт/м^2)^{4/3} \cdot с.$$

Радіуси  $R_1$  й  $R_2$  зон, де можуть реалізуватися ці дози теплового випромінювання визначаються інтерполяційним шляхом

Таблиця 3.8.1

$D, (кВт/м^2)^{4/3} \cdot с$	3000	2300	1000	200
$R, м$	$1,1 \cdot R_0$	$1,2 \cdot R_0$	$1,3 \cdot R_0$	$1,4 \cdot R_0$

Тут  $R_0 \equiv R_{нкр} = 43,38 м$ . У результаті інтерполяції одержуємо, що

$$R_1 = 1,307 \cdot R_0 = 56,7 м,$$

$$R_2 = 1,272 \cdot R_0 = 55,2 м.$$

Зам. №						Арк.					
Підпис і дата						КРМ.ХУКП.1.784-03.2.19	84				
№						Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата



### 3.8.2. Прогнозування наслідків (територіальний ризик) від надлишкового тиску, ударної хвилі, що формуються під час "пожежі-спалаху"

При згорянні повітряно-аміачної хмари з розвитком надлишкового тиску у відкритому просторі (погіршення ситуації при згорянні хмари, сформованої в просторі компресорного цеху) вражаючим фактором є сам надлишковий тиск, ударна хвиля, що поширюється в повітрі – відкритому просторі. Цей уражаючий фактор може привести до руйнувань будинків, загибелі людей через поразки легенів або через "кидальну" дію на людину (удар об огорожуючі конструкції), поразку органів слуху.

Надлишковий тиск, що виникає при "пожежах-спалахах", розрахований по формулі

$$\Delta P = P_0 \left( \frac{0,8m_{\text{пр}}^{1/3}}{R} + \frac{3m_{\text{пр}}^{2/3}}{R^2} + \frac{5m_{\text{пр}}}{R^3} \right),$$

де  $P_0$  – атмосферний тиск, кПа (дорівнює приблизно 101 кПа);

$R$  – відстань від геометричного центру повітряно-аміачної хмари, м;

$m_{\text{пр}}$  – приведена маса газу або пари, кг.

При цьому, приведена маса  $m_{\text{пр}}$  розраховується по формулі

$$m_{\text{пр}} = \left( \frac{Q_{\text{сг}}}{Q_0} \right) mZ,$$

де  $Q_{\text{сг}} = 18,631 \cdot 10^6$  – питома теплота згоряння пари аміаку, Дж/кг;

$Q_0 = 4,52 \cdot 10^6$  – постійна величина, Дж/кг;

$m$  – маса аміаку, що випарився, з утворенням повітряно-аміачної суміші, кг;

$Z$  – коефіцієнт участі компонент суміші в реакції, для повітряно-аміачної суміші приймається рівним 0,1.

У результаті розрахунку одержуємо, що

$$m_{\text{пр}} = \left( \frac{18,631 \cdot 10^6}{4,52 \cdot 10^6} \right) \cdot 264,4 \cdot 0,1 = 109,0 \text{ кг.}$$

Тепер можна розрахувати значення надлишкового тиску на різних відстанях  $R$  від геометричного центру повітряно-аміачної хмари (див. таблицю 3.8.3)

Зам. №						Арк.	
Підпис і дата						КРМ.ХУКП.1.784-03.2.19	86
№							
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата		

Таблиця 3.8.3

R, м	40	42	45	50	60	80	100	120	150	200
ΔP, кПа	14,83	13,8	12,60	10,93	8,61	6,01	4,61	3,73	2,90	2,11

З таких даних відносно ΔP витікає, що:

- можливо повне руйнування легкоскидних конструкцій та несучих цегельних стін і стінових панелей компресорного цеху (ΔP ≅ 12 – 15 кПа). При цьому можлива поразка уламками людей, що приводить до вкрай важких травм (загибелі), до важких травм із втратою працездатності, до травм середньої тяжкості;
- на відстанях 20-30 м можливе травмування людей, які по якимось причинам ще будуть перебувати біля компресорного цеху;
- на відстанях близько 50-200 м від компресорного цеху знаходяться різні службові приміщення підприємства, порту, орендаторів ДП "ОМТП" й при ΔP ≅ 1 – 3 кПа тут можливі слабкі руйнування вікон і дверей, ушкодження у вигляді тріщин самонесучих цегельних стін і стінових панелей з легких бетонів.

Імовірності таких руйнувань моделюються "пробіт-функцією"

$$Pr = 5 - 0,26 \cdot \ln(V),$$

де:

$$V = \left( \frac{17500}{\Delta P} \right)^{8,4} + \left( \frac{290}{i_B} \right)^{9,3};$$

ΔP – надлишковий тиск, Па;

$i_B$  – імпульс хвилі тиску, Па·с.

Імпульс хвилі руйнування розраховується по формулі

$$i_B = 123 \cdot m_{пр}^{2/3} / R.$$

Результати розрахунків представлено в таблиці значень залежно від заданого значення відстані R від геометричного центра повітряно-аміачної хмари (стіни компресорного цеху) – див. таблицю 3.8.4

Зам. №						Арк.
Підпис і дата						Арк.
№						87
	Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата

Таблиця 3.8.4

R, м	$\Delta P$ , кПа	$i_B$ , кПа·с	$P_r$	Умовна ймовірність загибелі	Повна ймовірність загибелі
40	14,83	70,16	4,638	0,359	$8,63 \cdot 10^{-14}$
42	13,85	66,82	4,489	0,305	$7,33 \cdot 10^{-14}$
45	12,60	62,36	4,282	0,236	$5,68 \cdot 10^{-14}$
50	10,93	56,13	3,971	0,152	$3,65 \cdot 10^{-14}$
60	8,61	46,77	3,450	0,061	$1,46 \cdot 10^{-14}$
70	7,09	40,09	3,025	0,024	$5,81 \cdot 10^{-15}$
80	6,01	35,08	2,667	0,010	$2,36 \cdot 10^{-15}$
100	4,61	28,06	2,085	0,002	0

Тут, при розрахунку повної ймовірності, прийнято, що ймовірність утворення повітряно-аміачної хмари мінімальної й дещо більш високої концентрації становить 0,54, її займання – 0,50, згоряння з вибухом (з детонацією) – 0,0174 (середнє значення по всіх аваріях). Враховано також, що ймовірність самої аварії з викидом у приміщення компресорного цеху рідкого аміаку (дані п.5.4.3.) склала  $5,12 \cdot 10^{-11}$

### 3.9.Оцінка кількості небезпечних речовин, що беруть участь в аварії

Кількість небезпечної речовини, що може взяти участь в аварії, залежить від ступеню руйнування холодильної установки. Наприклад, при порушенні герметичності АХУ в місцях фланцевих з'єднань виток аміаку може бути незначним – на рівні декількох грамів за хвилину, але і така кількість холодильного агенту, що виходить з системи, може бути небезпечною для працюючого персоналу у випадку направленої дії. У випадку розгерметизації окремого обладнання, при спрацьовуванні приладів автоматики та/або виконанні обслуговуючим персоналом інструкцій ПЛАС АХУ по відсіканню аварійної ділянки системи ручною запірною арматурою в терміни, що встановлені НТД, виток аміаку може бути на рівні декількох сотень кілограм.

Зам. Інв. №						Арк.
Підпис і дата						КРМ.ХУКП.1.784-03.2.19
Інв. №						Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата	



Кількість пари, що приймає участь у вибуху, при стехіометричній концентрації в повітрі машинного залу компресорного цеху (вибух з найбільш небезпечними наслідками)

$$m = \frac{V_{CB} \cdot C_{CT} \cdot \rho}{100},$$

де  $\rho$  – густина перегрітої пари аміаку.

$$m = \frac{1828 \cdot 21,6 \cdot 0,68}{100} = 268,5 \text{ кг}$$

Надлишковий тиск вибуху аміачно-повітряної суміші

$$\Delta P = (P_{MAX} - P_0) \cdot \frac{m \cdot z}{V_{CB} \cdot \rho} \cdot \frac{100}{C_{CT}} \cdot \frac{1}{K_H},$$

де  $P_{MAX}$  – максимальний тиск вибуху стехіометричної пароповітряної суміші, кПа;

$P_0$  – початковий тиск, кПа;

$z$  – коефіцієнт участі пари аміаку у вибуху, який враховує характер її розподілу по об'єму приміщення машинного залу компресорного цеху;

$K_H$  – коефіцієнт, що враховує негерметичність приміщення та неадіабатичність процесу горіння.

$$\Delta P = (450 - 101) \cdot \frac{268,5 \cdot 0,5}{1828 \cdot 0,68} \cdot \frac{100}{21,6} \cdot \frac{1}{3} = 58,2 \text{ кПа}$$

Коефіцієнт, що враховує дію аварійної вентиляції

$$K = A \cdot T + 1,$$

де  $A$  – кратність повітрообміну, що створює система аварійної вентиляції,  $s^{-1}$ ;

$T$  – термін за який відбувається приплив пари в приміщення цеху при аварії, с.

$$K = \frac{8}{3600} \cdot 3600 + 1 = 9.$$

Надлишковий тиск вибуху аміачно-повітряної суміші з урахуванням дії аварійної вентиляції машинного залу компресорного цеху

$$\Delta P = (P_{MAX} - P_0) \cdot \frac{m \cdot z}{K \cdot V_{CB} \cdot \rho} \cdot \frac{100}{C_{CT}} \cdot \frac{1}{K_H},$$

$$\Delta P = (450 - 101) \cdot \frac{268,5 \cdot 0,5}{9 \cdot 1828 \cdot 0,68} \cdot \frac{100}{21,6} \cdot \frac{1}{3} = 6,5 \text{ кПа}$$

Класифікація небезпечних зон руйнувань надана в таблиці 3.10.1. Залежність впливу надлишкового тиску вибуху на ступінь ураження людини – див. таблицю 3.10.2.

Зам. інв. №						Арк.
Підпис і дата						КРМ.ХУКП.1.784-03.2.19
Інв. №						

Таблиця 3.10.1 – Класифікація небезпечних зон руйнувань

Клас зони	Надлишковий тиск вибуху, кПа	Ступінь руйнування будівель та споруджень
1	$\geq 100$	Повне руйнування
2	53	50% руйнування будівель
3	28	Середні ушкодження – руйнування будівель без обрушень
4	12	Помірні руйнування, ушкодження внутрішніх перегородок, рам, дверей
5	5	Нижній поріг травмування людини. Вибите скло
6	3	Незначні ушкодження, частково вибите скло

Таблиця 3.10.2 – Залежність впливу надлишкового тиску вибуху на ступінь ураження людини

Рівень ураження	Надлишковий тиск, бар
Безумовне смертельне ураження	5÷8
Летальний наслідок, 50% випадків	3,5÷5
Поріг смертельного ураження	2÷3
Тяжкий ступінь ураження легень	1,33÷2
Розрив барабанних перетинок, 50% випадків	2÷2,33 (вік до 20 років) 1÷1,33 (вік більше 20 років)

Зам. інв. №
Підпис і дата
Інв. №

Максимальний тиск вибуху повітряно-аміачної суміші складає 450 кПа. З урахуванням коефіцієнта участі пари аміаку у вибуху, негерметичності приміщення машинного залу компресорного цеху та неадіабатичності процесу горіння, надлишковий тиск вибуху може бути 58,2 кПа. Якщо під час викиду аміаку та його випаровування з підстильної поверхні в приміщенні буде працювати аварійна вентиляція (кратність 8), надлишковий тиск вибуху зменшиться в 9 раз і не перевищить 6,5 кПа. У випадку відмови системи аварійної вентиляції рівень аварії

За розрахунковими даними виходить, що всі апарати та агрегати аміачної холодильної установки попадають в III категорію вибухонебезпечності ( $Q_v < 27$ ).

### **3.11. Оцінка можливих негативних наслідків для визначення об'єктів "турботи" суспільства (кількість потерпілих, ступінь руйнувань, матеріальні втрати, збитки тощо)**

За результатами розрахунків та довгострокового прогнозування можливих наслідків аварії АХУ відповідно до вимог діючих НТД виходить, що:

- для обслуговуючого персоналу АХУ, робітників та службовців цехів, де знаходяться елементи холодильної установки існує загроза отруєння (ураження) аміаком (в тому числі зі смертельними наслідками), отримання хімічного та термічного опіку, ураження ударною хвилею вибуху аміачно-повітряної хмари, осколками зруйнованого обладнання та будівельних (легкоскидних) конструкцій, тепловим випромінюванням і задимленістю повітря (у випадку пожежі). Найбільша чисельність обслуговуючого персоналу АХУ, який одночасно працює в компресорному цеху складає – 4 люд., звичайна зміна – 4 люд. Максимальна чисельність людей, що разом можуть працювати в приміщеннях холодильника – до 34 люд., робітників допоміжних приміщень холодильника – 1 люд. Обслуговуючий персонал АХУ зобов'язаний постійно мати при собі протигази з коробкою марки КД, має можливість скористатися запасними ЗІЗ шкіри та органів дихання. Персоналу інших виробничих ділянок, де встановлено обладнання АХУ, забезпечено безперешкодний доступ до засобів індивідуального захисту, які

Інв. №	Підпис і дата	Зам. інв. №	КРМ.ХУКП.1.784-03.2.19						Арк.
									92
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата				

зберігаються на робочих місцях. Можливі втрати робітників та службовців у випадку хімічного забруднення повітря, при використуванні відповідних засобів індивідуального захисту – не більше 1 люд. Прогнозовані матеріальні збитки в приміщеннях АХУ при аварії – матеріальні затрати на проведення рятувальних, протиаварійних та відновлювальних робіт в обсягах, що залежать від об’єму аварії, а також наступних обов’язкових робіт по підвищенню безпеки експлуатації АХУ;

– для людей, що знаходяться на території та в санітарно-захисній зоні підприємства існує реальна небезпека ураження надлишковим тиском вибуху аміачно-повітряної суміші, поранення при руйнуванні швидкоскидних (будівельних) конструкцій, отруєння та ураження паром аміаку. На території підприємства, зовні дільниці АХУ, приміщень холодильника, в робочий час може знаходитись 28 люд. У випадку отруєння атмосфери аміаком кількість втрат працівників (при використанні ЗІЗ, які зберігаються на робочих місцях) складе – не більше 1 люд., без ЗІЗ – до 100%. Матеріальні збитки на території, що прогножуються у випадку аварії, складаються з необхідності витрат на проведення рятувальних, протиаварійних та відновлювальних робіт, робіт по дезактивації пари на території та у приміщеннях підприємства;

– для персоналу підприємств та організацій, населення, що знаходяться поруч під час аварії з повною розгерметизацією АХУ існують ризики негативних наслідків, типових для випадку отруєння аміаком, який може міститись у повітрі з уражальними концентраціями. Кількість населення, що може потрапити в прогнозовану зону хімічного забруднення складає 570 люд., з яких легкі травми (отруєння) можуть одержати – до 5 чол., травми середньої тяжкості – до 8 чол., травми зі смертельними наслідками – до 7 чол.

Проте більш чим за 100 років використання аміаку в промислових цілях у світі не зареєстровані смертельні випадки при аваріях з викидом аміаку далі чим за 200 метрів від осередку аварії. Тому прогнозування чисельності постраждалих згідно вимог діючих НТД можна розглядати як запобіжне. У

Зам. інв. №						Арк.
Підпис і дата						КРМ.ХУКП.1.784-03.2.19
Інв. №						Арк.
	Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата

випадку розвитку аварії за межами підприємства прогножуються моральні та матеріальні збитки, передбачуваний розмір яких визначений договором обов'язкового страхування цивільної відповідальності суб'єкта господарювання

Питома смертність у випадку ураження аміаком

Вихідні дані по ураженню аміаком для визначення питомої смертності. Тоді питома смертність М (чол./т) від аміаку складає:

- усі випадки аварій хімічних виробництв – 0,02 чол./тонну;
- зберігання аміаку – 0,05 чол./тонну.

Як видно, значення досить малі і для АХУ, що розглядається, очікувана смертність у випадку аварії  $0,27 \div 0,67$  чоловік. Таким чином, на базі статистичної інформації у випадку аварії, прогнозовані втрати складають не більше однієї людини.

Інв. №	Підпис і дата	Зам. Інв. №							КРМ.ХУКП.1.784-03.2.19	Арк.
										94
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата					

## ВИСНОВОК

У підсумку даної кваліфікаційної роботи ми бачимо одним із кроків зменшення ризику надзвичайних ситуацій (НС) на потенційно небезпечних об'єктах (ПНО) – робота з виявлення потенційних джерел НС, їх прогнозування та запобігання. Цей процес у першу чергу включає паспортизацію потенційно небезпечних об'єктів. Згідно з цим кожен керівник підприємства, де розташовані ПНО, повинен ідентифікувати, декларувати та страхувати відповідальність за можливу шкоду, заподіяну аварією.

Аналіз безпеки об'єкта ґрунтується на вивченні його стану згідно з вимогами нормативно-правової документації, рекомендацій довідкової та науково-технічної літератури, а також з урахуванням аварійних ситуацій, що відбулися на ньому та аналогічних об'єктах.

Під час аналізу аварійних ситуацій на об'єкті безпеки необхідно враховувати всі можливі сценарії, включаючи ймовірність малоймовірних аварій з катастрофічними наслідками, та оцінювати їхні наслідки.

Виявлення можливих аварій слід проводити у такій послідовності:

Визначення наявності на об'єкті небезпечних речовин та небезпечних режимів роботи обладнання.

Виявлення потенційного виду безпеки для кожної одиниці обладнання та процесу.

Для виявлення потенційно небезпечних об'єктів необхідно прогнозувати сценарії виникнення та розвитку можливих аварій, враховуючи параметри стану речовин і стан обладнання як у нормальному технологічному режимі, так і при можливих аварійних умовах.

Зам. інв. №
Підпис і дата
Інв. №

						КРМ.ХУКП.1.784-03.2.19	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата		95

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Закону України Про об'єкти підвищеної небезпеки (№2245-III, 18.01.2001);
2. Кодекс Цивільного захисту України.
3. Постанова Кабінету міністрів України № 626 від 9.08.2017 р. "Порядок розроблення планів діяльності єдиної державної системи цивільного захисту";
4. НПАОП 0.00-1.81-18. Правила охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском.
5. НПАОП 0.00-1.41-88. Загальні правила вибухобезпеки для вибухопожежо-небезпечних хімічних, нафтохімічних і нафтопереробних виробництв.
6. ДБН В.1.1.7-2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва»
7. Методика прогнозування масштабів зараження сильнодействующими ядовитими веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте. – Одесса: Изд. Управления по вопросам чрезвычайных ситуаций и гражданской защиты населения Одесского городского совета народных депутатов, 1999.
8. Наказ Міністерства внутрішніх справ України від 29.11.2019 №1000 зареєстрований в Міністерстві юстиції України 14 травня 2020 р. за № 440/34723. Про затвердження Методики прогнозування наслідків вилливу (викиду) небезпечних хімічних речовин під час аварій на хімічно небезпечних об'єктах і транспорті.
9. ДБН В.2.5-56:2014. Системи протипожежного захисту.
10. НПАОП 15.1-1.06-99 Правила охорони праці для працівників м'ясопереробних цехів
11. НПАОП 0.00-4.33-99. Положення щодо розробки планів локалізації та ліквідації аварійних ситуацій і аварій (не діючий)..
12. НПАОП 29.23-1.04-90. Правила будови і безпечної експлуатації аміачних холодильних установок. Государственная комиссия Совета Министров СССР по продовольствию и закупкам. Главное научно-техническое управление НПО "Агрохолодпром". – М., 1991.
13. ДСТУ Б В.1.1-36:2016. Визначення категорій приміщень, будинків, установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою.
14. Постанова Кабінету Міністрів №956 від 11.07.2002р. "Про ідентифікацію та декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки" (остання зміна №1097 від 23.12.2015).
15. Наказ Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи від 23 лютого 2006 року №98. Методика ідентифікації потенційно небезпечних об'єктів.
16. Закону України "Про об'єкти підвищеної небезпеки" (№2245-III, 18.01.2001);
17. Методика визначення ризиків та їх прийнятних рівнів для декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки Наказ №637 від 4.12.2002 р.
18. A Technical Reference Manual for Plate Heat Exchangers in Refrigeration & Airconditioning Applications / by Claes Stenhede/Alfa Laval Thermal Third edition, 1998.
19. ДСТУ 3273-95. Безпека промислових підприємств. Загальні положення і вимоги.
20. ДСТУ 2156-93. Безпека промислових підприємств. Терміни і визначення.
21. ДСТУ 2960-94. Організація промислового виробництва. Основні поняття. Терміни і визначення.
22. ГОСТ 12.1.007-76.ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования

Зам. інв. №							КРМ.ХУКП.1.784-03.2.19	Арк. 96
	Підпис і дата							
		Інв. №						
	Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата		

безпеки (не діючий).

23. ДСТУ EN 378-1(3,4):2014 «Холодильні установки та теплові насоси. Безпечність та екологічні вимоги»;
24. ДСТУ EN 378-2:2017 «Холодильні установки та теплові насоси. Безпечність та екологічні вимоги»;
25. ДСТУ EN 13313:2009 «Установки холодильні та теплові насоси. Компетентність персоналу»;
26. Вимоги до роботодавців стосовно забезпечення безпечного виконання робіт у потенційно вибухонебезпечних середовищах, Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України №317 від 05.06.13 р.
27. Правила охорони праці та безпечної експлуатації технологічних трубопроводів, наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України №755 від 24.10.14 р.
28. ДБН В.2.2-27:2010 «Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення»;
29. Постанова Кабінету міністрів України від 8 липня 2015 р. №469 Про затвердження Положення про спеціалізовані служби цивільного захисту
30. НАПБ А.01.001-2014 Правила пожежної безпеки в Україні. Затверджено наказом МВС України від 30.12.2014 № 1417, зареєстровано в Міністерстві юстиції України 05.03.2015 р. за № 252/26697. Зміни: наказ МВС 15.08.2016 р. № 810, від 31.07.2017 р. N 657;
31. ДСТУ EN ISO 7010:2019. Графічні символи. Кольори та знаки безпеки. Зареєстровані знаки безпеки (EN ISO 7010:2012; A1:2014; A2:2014; A3:2014; A4:2014; A5:2015; A6:2016; A7:2017, IDT; ISO 7010:2011; Amd 1:2012; Amd 2:2012; Amd 3:2012; Amd 4:2013; Amd 5:2014; Amd 6:2014; Amd 7:2016, IDT);
32. НПАОП 0.00-1.81-18. Правила охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском, затверджені наказом Міністерства соціальної політики України "Про затвердження Правил охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском" від 05.03.2018 № 333, зареєстровано в Міністерстві юстиції України: 10.04.2018 за № 433/31885.
33. Методика прогнозування наслідків виліву (викиду) небезпечних хімічних речовин під час аварій на хімічно небезпечних об'єктах і транспорті, затвердженої Міністерством внутрішніх справ України (Наказ №1000 від 29.11.2019, зареєстровано в Міністерстві юстиції України 14 травня 2020 за № 440/34723).
34. Alle B.J.M. Risk analysis and risk policy in the Netherlands and the EEC // Journal of loss Prevention in the process industries. – 1991. V. 4, № 1. – p. 58 - 64.

Зам. інв. №

Підпис і дата

Інв. №

Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата

КРМ.ХУКП.1.784-03.2.19

Арк.

97

35. A Technical Reference Manual for Plate Heat Exchangers in Refrigeration & Airconditioning Applications / by Claes Stenhede/Alfa Laval Thermal Third edition, 1998.
36. Холодильні установки. Підручник. Під загальною редакцією заслуженого діяча науки України, д.т.н., проф. І.Г. Чумака / Автори : І.Г. Чумак, С.Ю. Лар'янівський, В.П. Чепурненко, Е.Г. Парцхаладзе, В.П. Оніщенко, Н.І. Чумак, А.Ю. Лагутін, В.П. Кочетов, Г.К. Мнацаканов.- Одеса, Рефпринтінфо, 2003. -532 с.

Інв. №	Підпис і дата					Зам. інв. №	
						КРМ.ХУКП.1.784-03.2.19	Арк.
							98
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док	Підпис	Дата		