

**Державна служба України з надзвичайних ситуацій**  
**Національний університет цивільного захисту України**  
**Кафедра прикладної механіки та технологій захисту**  
**навколишнього середовища**

**МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА**  
**другого (магістерського) рівня вищої освіти**  
**за спеціальністю 183 «Технології захисту навколишнього середовища»**  
**галузь знань 18 «Виробництво та технології»**

за темою: Вдосконалення системи очищення природного газу  
при його транспортуванні (на прикладі Барського ЛВУМГ)  
(назва теми за наказом)

**РОЗРАХУНКОВО–ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

НУЦЗУ.з18.5.12.ПМтаТЗНС.РПЗ-01  
(шифр)

**Керівник**

Доцент кафедри ПМ та ТЗНС  
(посада, вчений ступінь, звання, спеціальне звання)  
канд. техн. наук

Олександр КОНДРАТЕНКО  
(Власне ім'я ПРИЗВИЩЕ)

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**Випускник**

Здобувач вищої освіти групи ЗМТЗ-18  
курсант (студент, слухач)

(звання)

Сергій ГУМЕНЮК  
(Власне ім'я ПРИЗВИЩЕ)

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

Факультет \_\_\_\_\_ техногенно-екологічної безпеки \_\_\_\_\_  
Кафедра \_\_\_\_\_ прикладної механіки та технологій захисту навколишнього середовища \_\_\_\_\_  
Галузь знань \_\_\_\_\_ 18 «Виробництво та технології» \_\_\_\_\_  
Спеціальність \_\_\_\_\_ 183 «Технології захисту навколишнього середовища» \_\_\_\_\_  
(назва)  
Освітньо-професійна програма \_\_\_\_\_ техногенно-екологічна безпека \_\_\_\_\_  
(назва)  
Рівень вищої освіти \_\_\_\_\_ другий (магістерський) \_\_\_\_\_

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ПМ та ТЗНС \_\_\_\_\_  
канд. техн. наук, доцент \_\_\_\_\_  
Володимир КОЛОСКОВ \_\_\_\_\_  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_ року

## ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Гуменюка Сергія Васильовича  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) «Вдосконалення системи очищення природного газу \_\_\_\_\_ при його транспортуванні (на прикладі Барського ЛВУМГ)»

керівник проекту (роботи) Кондратенко Олександр Миколайович, канд. техн. наук  
( прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом НУЦЗ України від « 04 » \_\_\_\_\_ 03 \_\_\_\_\_ 2020 року № 29

2. Строк подання здобувачем вищої освіти проекту (роботи) \_\_\_\_\_ 12.05.2020

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Екологічний паспорт Вінницької області за 2019 рік; статистичні дані звітів про роботу Барського ЛВУМГ за 2018 – 2019 роки; структура технологічного процесу підприємства; дані звітів за результатами оцінки впливу на навколишнє середовище з боку Барського ЛВУМГ.

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

1. Екологічна характеристика району розміщення Барського ЛВУМГ. 2. Аналіз виробничої діяльності та оцінка впливу Барського ЛВУМГ на навколишнє природне середовище. 3. Побудова, аналіз та описання схеми технології захисту навколишнього середовища для Барського ЛВУМГ. 4. Вибір конструкції та розрахунок рекуперативного теплообмінного апарату для утилізації побічної теплової енергії. 5. Розробка комплексу раннього виявлення надзвичайних ситуацій техногенного характеру на Барському ЛВУМГ як потенційно вибухотажопожежонебезпечному об'єкті.

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

Функціональна схема запропонованої до впровадження на підприємстві технології захисту навколишнього середовища від негативного впливу викидів побічної теплової енергії; функціональна схема запропонованої до впровадження на підприємстві комплексу раннього виявлення надзвичайних ситуацій техногенного характеру.

## 6. Консультанти розділів проекту (роботи)

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

7. Дата видачі завдання 04.03.2020**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Екологічна характеристика району розміщення Барського ЛВУМГ	04.03 – 15.03.2020	
2	Аналіз виробничої діяльності та оцінка впливу Барського ЛВУМГ на навколишнє природне середовище	16.03 – 22.03.2020	
3	Побудова, аналіз та описання схеми технології захисту навколишнього середовища для Барського ЛВУМГ	23.03 – 05.04.2020	
4	Вибір конструкції та розрахунок рекуперативного теплообмінного апарату для утилізації побічної теплової енергії	06.04 – 19.04.2020	
5	Розробка комплексу раннього виявлення надзвичайних ситуацій техногенного характеру на Барському ЛВУМГ як потенційно вибухо- та пожежонебезпечному об'єкті	20.04 – 26.04.2020	
6	Оформлення дипломної роботи	27.04 – 10.05.2020	
7	Розробка комп'ютерної презентації	11.05 – 12.05.2020	

Здобувач вищої освіти \_\_\_\_\_

(підпис)

Сергій ГУМЕНЮК

(Власне ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник проекту (роботи) \_\_\_\_\_

(підпис)

Олександр КОНДРАТЕНКО

(Власне ім'я ПРІЗВИЩЕ)

## АНОТАЦІЯ

Рукопис дипломної роботи: 113 с., 23 рис., 2 табл., 1 дод., 31 джерел.

Об'єкт дослідження – негативний вплив виробничої діяльності Барського ЛВУМГ на навколишнє природне середовище.

Мета роботи – підвищення рівня екологічної безпеки виробничої діяльності Барського ЛВУМГ шляхом створення технології утилізації теплової енергії, що виділяється при стискуванні природного газу у мотор-компресорі та очищення його відпрацьованих газів.

Методи дослідження – аналіз науково-технічної та нормативної літератури, основні положення дисциплін «Технології захисту навколишнього середовища», «Проектування й конструювання систем забезпечення екологічної безпеки», «Технічна механіка рідини та газу», «Теорія теплообмінних процесів».

Оцінено вплив Барського ЛВУМГ на навколишнє середовище, зокрема атмосферу м. Бар Вінницької області викидами теплової енергії та відпрацьованих газів мотор-компресора для стискання природного газу. Розроблено технологію утилізації теплової енергії, що виділяється при стискуванні природного газу у мотор-компресорі та очищення його відпрацьованих газів, завдяки застосування секційного рекуперативного теплообмінного апарату. Спроектовано рекуперативний теплообмінний апарат для утилізації побічної теплової енергії, що виділяється при стискуванні природного газу у мотор-компресорі, як виконавчого органу технології захисту навколишнього середовища. Розроблено комплекс раннього виявлення надзвичайних ситуацій техногенного характеру на Барському ЛВУМГ як потенційно вибухо- та пожежонебезпечному об'єкті.

Впровадження результатів дипломної роботи дозволить забезпечити нормативно встановлений рівень показників екологічної безпеки виробничої діяльності Барського ЛВУМГ, зокрема нівелювати викид теплової енергії від стискування природного газу мотор-компресором та очищення потоку його відпрацьованих газів.

**ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ, НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ, Барський ЛВУМГ, ВИКИДИ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ, ГАЗОВІ ВИКИДИ, УТИЛІЗАЦІЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ, РЕКУПЕРАТИВНИЙ ТЕПЛООБМІННИЙ АПАРАТ.**

## ANNOTATION

Manuscript of the thesis: 113 p., 23 fig., 2 tab., 1 append., 31 ref.

Object of the study – negative influence of production activities of Bar LPMMGP on the environment.

Purpose of the study – increation of level of ecological safety of production activities of Bar LPMMGP by creation of technology for utilization of thermal energy released during compression of natural gas in a motor-compressor and purification of its exhaust gases.

Methods of the study – analysis of scientific, technical and regulatory literature, main provisions of disciplines "Environmental protection technologies", "Design and construction of environmental safety systems", "Technical mechanics of liquids and gas", "Theory of heat exchanging processes".

The influence of Bar LPMMGP on the environment, in particular, the atmosphere of the city of Bar in Vinnitsa region by emissions of thermal energy and exhaust gases of the motor-compressor for compression of natural gas. The technology of utilization of thermal energy released during compression of natural gas in the motor-compressor and purification of its exhaust gases, due to the use of sectional recuperative heat exchanger, has been developed. A recuperative heat exchanger has been designed for the utilization of secondary thermal energy released during the compression of natural gas in a motor-compressor, as an executive body of environmental protection technology. A complex of early detection of man-made emergencies at Bar LPMMGP as a potentially explosive and fire-hazardous object has been developed.

Implementation of the results of the thesis will allow to ensure the normatively established level of indicators of environmental safety of the production activity of Bar LPMMGP, in particular to level the emission of thermal energy from the compression of natural gas by a motor-compressor and purification of the flow of its exhaust gases.

PROTECTION TECHNOLOGIES, ENVIRONMENT, Bar LPMMGP, THERMAL ENERGY EMISSIONS, GAS EMISSIONS, THERMAL ENERGY UTILIZATION, RECOVERABLE HEAT EXCHANGER.

## ЗМІСТ

<b>ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ .....</b>	<b>7</b>
<b>ВСТУП.....</b>	<b>8</b>
<b>1. ЕКОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНУ РОЗМІЩЕННЯ БАРСЬКОГО ЛВУМГ .....</b>	<b>13</b>
1.1. Загальна характеристика району розміщення об'єкта.....	13
1.2. Географічна характеристика.....	16
1.3. Кліматична характеристика міста Бар .....	19
1.4. Гідрографічна характеристика міста Бар .....	20
1.5. Характеристика флори і фауни .....	28
1.6. Висновки по розділу 1.....	34
<b>2. АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ТА ОЦІНКА ВПЛИВУ БАРСЬКОГО ЛВУМГ НА НАВКОЛИШНЄ ПРИРОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ.....</b>	<b>35</b>
2.1. Оцінка сучасного екологічного стану території.....	35
2.2. Джерела впливу об'єкту на навколишнє природне середовище.....	40
2.3. Стислий опис виробництва.....	42
2.4. Особливості утворення джерел забруднення під час роботи газоперекачувальних апаратів.....	48
2.5. Оцінка впливу основних джерел забруднення на навколишнє природне середовище.....	51
2.6. Висновки по розділу 2 .....	60
<b>3. ПОБУДОВА, АНАЛІЗ ТА ОПИСАННЯ СХЕМИ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ДЛЯ БАРСЬКОГО ЛВУМГ.....</b>	<b>61</b>
3.1. Прийом та збільшення тиску газу в газопроводі .....	61
3.2. Опис технології стискання природнього газу .....	66
3.3. Висновки по розділу 3 .....	66

<b>4. ВИБІР КОНСТРУКЦІЇ ТА РОЗРАХУНОК РЕКУПЕРАТИВНОГО ТЕПЛООБМІННОГО АПАРАТУ ДЛЯ УТИЛІЗАЦІЇ ПОБІЧНОЇ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ</b> .....	68
4.1. Кожухотрубний теплообмінний апарат .....	68
4.2. Приклад розрахунку кожухотрубного теплообмінного апарату .....	72
4.3. Висновки по розділу 4 .....	83
<b>5. РОЗРОБКА КОМПЛЕКСУ РАНЬОГО ВИЯВЛЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ТЕХНОГЕНОГО ХАРАКТЕРУ НА БАРСЬКОМУ ЛВУМГ ЯК ПОТЕНЦІЙНО ВИБУХО ТА ПОЖЕЖОНЕБЕЗПЕЧНОМУ ОБ'ЄКТІ</b> .....	84
5.1. Безпека потенційно-небезпечних об'єктів .....	84
5.2. Порядок створення об'єктових систем оповіщення .....	92
5.3. Порядок оповіщення населення про загрозу і виникнення надзвичайних ситуацій.....	97
5.4. Висновки по розділу 5 .....	104
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	105
<b>СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ</b> .....	108
<b>Додаток А. Документи щодо проходження переддипломної практики</b>	109

## **ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ**

БЛВУМГ – Барське лінійне виробниче управління магістральних газопроводів.

ТЗНС – технології захисту навколишнього середовища.

НПС – навколишнє природне середовище.

ГДК – гранично допустима концентрація.

ЕкБ – екологічна безпека.

ВГ – відпрацьовані гази.

ЕУ – енергоустановка.

КРВНС – комплекс раннього виявлення надзвичайних ситуацій.

ЄНСЗ – єдина національна система зв'язку.

СО – система оповіщення.

ПНО – потенційно небезпечні об'єкти.



## ВСТУП

Атмосферне повітря є найважливішою життєзабезпечення природним середовищем і являє собою суміш газів і аерозолів приземного шару атмосфери, що склалася в ході еволюції Землі, діяльності і що знаходиться за межами житлових, виробничих та інших приміщень. Результати екологічних досліджень однозначно свідчать про те, що забруднення приземної атмосфери – найпотужніший, постійно діючий фактор впливу на людину, харчовий ланцюг і навколишнє середовище.

Атмосферне повітря має необмежену ємність і грає роль найбільш рухомого, хімічно агресивного і всепроникного агента взаємодії поблизу поверхні компонентів біосфери, гідросфери та літосфери.

Захист навколишнього середовища від шкідливих викидів є однією з найважливіших проблем сучасності, так як зростання промислового виробництва, і, отже, подальше збільшення викидів шкідливих речовин в атмосферу може спричинити за собою найсерйозніші наслідки глобального характеру.

Розвиток сучасної економічної бази міст супроводжується підвищенням концентрації, кооперування, інтенсифікації виробничого процесу промислових підприємств. Наслідком стрімкого зростання виробництва, що характеризується багатоотходной технологією, є забрудненість атмосфери.

Оскільки на сучасному етапі розвитку процесів урбанізації за великим промисловим виробництвом зберігається роль основного містоутворюючого фактора, забруднення атмосфери – одна з основних проблем навколишнього середовища.

З огляду на те, що в цехах підприємства функціонує значна кількість джерел викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря, виникає

необхідність в підвищенні ефективності очищення відпрацьованих газів мотор-компресорів.

Окремим проте достатньо специфічним видом забруднення атмосферного повітря є викиди теплової енергії, що локально порушують санітарно-гігієнічні й кліматичні умови життєдіяльності екосистеми, яка сформувалась навколо підприємства, а у глобальному масштабі вносять свій внесок у глобальні процеси зміни клімату [1 – 10].

Наведене вище зумовлює **актуальність** теми дипломної роботи.

**Об'єктом дослідження** є негативний вплив виробничої діяльності Барського ЛВУМГ на навколишнє природне середовище.

**Предметом дослідження** є система забезпечення екологічної безпеки виробничої діяльності Барського ЛВУМГ.

**Метою дослідження** є підвищення рівня екологічної безпеки виробничої діяльності Барського ЛВУМГ шляхом створення технології утилізації теплової енергії, що виділяється при стискуванні природного газу у мотор-компресорі та очищення його відпрацьованих газів.

Для досягнення мети у роботі було поставлено та вирішено наступні **задачі**:

1. Надання екологічної характеристики району розміщення Барського ЛВУМГ.
2. Аналіз виробничої діяльності та оцінка впливу Барського ЛВУМГ на навколишнє природне середовище.
3. Побудова, аналіз та описання схеми технології захисту навколишнього середовища для Барського ЛВУМГ.
4. Вибір конструкції та розрахунок рекуперативного теплообмінного апарату для утилізації побічної теплової енергії.
5. Розробка комплексу раннього виявлення надзвичайних ситуацій техногенного характеру на Барському ЛВУМГ як потенційно вибухо- та

пожежонебезпечному об'єкті.

Під час виконання досліджень, представлених у цій дипломній роботі, застосовано наступні **методи**: аналіз науково-технічної та нормативної літератури, основні положення дисциплін «Технології захисту навколишнього середовища», «Проектування й конструювання систем забезпечення екологічної безпеки», «Технічна механіка рідини та газу», «Теорія теплообмінних процесів».

**Наукова новизна результатів**, отриманих у дипломній роботі полягає у наступному.

Набув подальшого розвитку підхід до проектування схем технологій захисту навколишнього середовища від викиду теплової енергії, що виділяється при стискуванні природного газу у мотор-компресорі у мережі транспортування природного газу та очищення його відпрацьованих газів.

Набув подальшого розвитку підхід до проектування секційних теплообмінних апаратів для комплексної рекуперації викидів теплової енергії від поршневих комбінованих машин.

Набув подальшого розвитку підхід до побудови комплексів раннього виявлення надзвичайних ситуацій техногенного характеру на потенційно вибухо- та пожежонебезпечних об'єктах.

**Практичне значення результатів**, отриманих у дипломній роботі, полягає у наступному.

Запропонований підхід до проектування схем технологій захисту навколишнього середовища від викиду теплової енергії, що виділяється при стискуванні природного газу у мотор-компресорі у мережі транспортування природного газу та очищення його відпрацьованих газів, дозволив побудувати відповідну систему, яка може бути рекомендована до впровадження на вказаному підприємстві а також для інших підприємств з транспортування природного газу.

Запропонований підхід до проектування секційних теплообмінних апаратів для комплексної рекуперації викидів теплової енергії від поршневих комбінованих машин придатний для застосування при раціоналізації конструкції такого типу пристроїв.

Запропонований підхід до побудови комплексів раннього виявлення надзвичайних ситуацій техногенного характеру на потенційно вибухо- та пожежонебезпечних об'єктах придатний для впровадження на вказаному підприємстві а також для інших підприємств з транспортування природного газу з метою запобігання виникненню та розвитку надзвичайних ситуацій зі значними негативними наслідками для усіх компонентів НПС.

Матеріали досліджень, представлених у цій дипломній роботі пройшли **апробацію** у формі доповідей на 3 науково-практичних конференціях (див. список).

1. XXVII Міжнародна науково-практична конференція «MICROCAD-2020. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (13 – 15 травня 2020 р., НТУ «ХП», Харків) – перенесено на осінь 2020 р. через карантинні заходи з приводу пандемії COVID-19.

2. Конференція молодих вчених та спеціалістів «Сучасні проблеми машинобудування» (20 – 22 квітня 2020 р., ІПМаш ім. А.М. Підгорного НАНУ, Харків) – перенесено на осінь 2020 р. через карантинні заходи з приводу пандемії COVID-19.

Матеріали досліджень, представлених у цій дипломній роботі пройшли **апробацію** у формі доповідей на 3 науково-практичних конференціях (див. список), та **опубліковано** у їх матеріалах (див. список).

1. Гуменюк С.В. Вдосконалення системи забезпечення рівня екологічної безпеки Барського лінійного виробничого управління магістральних газопроводів (м. Бар) [Текст] / С.В. Гуменюк, О.М. Кондратенко // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта,

здоров&арос;я: Тези доповідей XXVII Міжнародної науково-практичної конференції MICROCAD-2019, у 4 ч., Ч. I (13 – 15 травня 2020 р.). – Х.: НТУ «ХПІ», 2020. – С. XXX. – подано до друку.

2. Gumenyuk S.V. Improvement of the system of ecological safety level of Bar linear production management of main pipelines (city of Bar) [Text] / S.V. Gumenyuk, O.M. Kondratenko // Сучасні проблеми машинобудування. Тези доповідей конференції молодих вчених та спеціалістів (20 – 22 квітня 2020 р.). – Харків: ІПМаш НАНУ, 2020. – С. XX. – подано до друку.

Матеріали та результати дослідження плануються до **впровадження** у навчальний процес кафедри прикладної механіки та технології захисту навколишнього середовища НУЦЗ України при підготовці тексту конспекту лекцій з дисципліни «Технології захисту навколишнього середовища».

**Структура та обсяг роботи.** Кваліфікаційною роботою є рукопис, викладений на 113 стор., з яких 100 стор. основного тексту, та містить реферат двома мовами, список умовних позначень та скорочень, вступ, 5 розділів, висновки, список з 31 використаних джерел на 4 стор., містить 1 додаток на 4 стор., 23 рисунків та 2 таблиць.

# 1 ЕКОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНУ РОЗМІЩЕННЯ БАРСЬКОГО ЛВУМГ

## 1.1. Загальна характеристика району розміщення об'єкта

Вінницька область була утворена 27 лютого 1932 року, її територія складає 26,5 тисяч км<sup>2</sup>, що являється 4,4 % території України.

У області 202 км державного кордону з Республікою Молдова; також область межує з 7-ма областями України а саме: Чернівецькою Житомирською, Хмельницькою, Черкаською, Київською, Кіровоградською, та Одеською областями. Вінницька область розміщена в лісостеповій зоні центральної частини Правобережної частини України.

Територія суші становить 2606,4 тисяч гектарів, або 98,4 % від загальної площі області, решта (1,6 %) зайнята внутрішніми водами. Річки області належать до басейнів Південного Бугу, Дністра та Дніпра: з них: 2 великих (р. Південний Буг та р. Дністер), 4 середні (р. Соб, Гірський (Гнилий) Тікич, р. Мурафа, р. Рось) та 4555 малих.

У центральній частині області з північно-західного на південно-східний напрямок протікає р. Південний Буг (з правими притоками Згар, Рів, Сільниця, Дохна; лівими – Снивода, Десна, Соб, Удич), по південно-західній межі області тече р.Дністер (з лівими притоками: Лядова, Немія, Мурафа та ін.).

У північних та північно-східних районах області протікають річки, що належать до Дніпровського басейну: р.Рось, р. Гуйва, р. Гнилоп'ять.

В межах області знаходяться 56 водосховищ, загальною площею 11167 га; найбільше Ладижинське водосховище (2200 тис.га).

Річки і водойми використовують для рибництва, промислового і комунального водопостачання, зрошення земель, а також як джерело гідроенергії.

Річкою Південний Буг територія області ділиться на дві частини: лівобережну, яка відноситься до Придніпровської височини і правобережну – Подільського плато. Поверхня Вінниччини – підвищене плато, що знижується в напрямі з північного заходу на південний схід. Більша частина території Вінницької області розташована в межах Українського кристалічного щита.

Сучасний рельєф області – в основному хвиляста, і подекуди горбиста, рівнина, розгалужена чисельними долинами річок, та балками, особливо в районі Придністров'я. В надрах області відкрито 445 родовищ та проявів 18 видів різноманітних корисних копалин, десятки родовищ торфу, а також унікальні поклади граніту, каоліну, гранату і флюориту.

Родовища первинних каолінів Вінниччини є одними з найбільших в Європі. Дуже цінними є 4 родовища каолінів з загальним запасом 150067 млн. тонн, високою якістю відзначається сировина Великогадоминецького та Глуховецького родовищ (Козятинський район).

Важливу роль у водному господарстві Вінниччини відіграють підземні води, як найбільш надійне джерело доброякісної питної води. Прогнозні запаси підземних вод області становлять 324,9 млн. м<sup>3</sup>/рік, затверджені експлуатаційні запаси – 45,7 млн. м<sup>3</sup>/рік.

На Вінниччині поширені лісостепові ландшафти.

В лісах взагалом переважаютьшироколистяні породи дерев: граб, клен, липа, дуб, та ясен зображено на рис. 1.

Трав'яниста рослинність характеризується великою різноманітністю. Лише диких рослин нараховується біля тисячі видів.

Вінниччина, як і вся Україна, знаходиться в помірному поясі. Клімат області помірно континентальний, для нього характерні тривале, нежарке літо з достатньою кількістю вологи та порівняно коротка м'яка зима.



Рис. 1 – Ліси Вінничини

За своїм географічним розташуванням територія області знаходиться у сфері впливу насичених вологою атлантичних повітряних мас, та периферійної частини сибірського (азійського) антициклону, для якого характерні сухі холодні континентальні повітряні маси. На клімат області впливають також повітряні маси з Арктики та Середземномор'я.

Середньорічні суми опадів на території області складають 440-590 мм. Найбільша кількість опадів буває на північному заході території Вінничини. Максимум опадів припадає на травень – липень (130 – 170 мм).



Найменш вологими є зимові місяці, на холодну пору року припадає 25 % опадів: в грудні-лютому випадає 65 – 80 мм опадів. Перехід від однієї пори року до іншої відбувається поступово.

Взагалі клімат Вінниччини сприятливий для сільськогосподарського виробництва: тривале тепле та досить вологе літо, рання весна, суха осінь, зима с помірними морозами та значним сніговим покривом – все це позитивно впливає на ріст зернових, технічних та садових культур [1].

## 1.2 Географічна характеристика

В геоструктурному плані основна частина території області припадає на південно-західну окраїну Українського кристалічного масиву, складеного архей-протерозойськими метаморфічними породами і тільки її південно-західна окраїна розташована на Волино-Подільській плиті, де породи фундаменту перекриті відносно потужною товщею більш молодих, переважно осадових відкладів.

Подільське плато займає більшу частину області. Воно продовжується далі на захід на території Хмельницької і Тернопільської областей. Зниження в рельєфі, по якому течуть ріки Снивода, Соб і Південний Буг, відокремлює Подільське плато від Придніпровської височини, частина якої заходить на територію області.

На території Вінницької області Подільське плато має найбільшу висоту у Шаргородському районі. Максимальна висота – 384 м над рівнем моря. Поблизу села Степанки (Барський район) окрема ділянка плато має відмітку 382 м.

Взагалі плато не становить суцільної рівної поверхні і дуже порізане долинами численних невеликих річок та ярами. Та частина Подільського плато, що має нахил у бік Дністра, відзначається дуже великою роздробленістю на окремі пасма. Верхів'я річок, Немія, Жван, Мурафа,

Лядова зображена на рис 1.1., що течуть по дну широких розложистих балок, мають пологі й лагідні схили, і тому рельєф цієї місцевості має вигляд хвилястої рівнини, а з наближенням долин річок до Дністра всі вони стають типово подільськими.



Рис. 1.1 – Річка Лядова

Ріки глибоко врізаються в осадові породи, долини каньйоноподібні, цілком позбавлені терас, схили утворюють круті урвища з частими відшаруваннями вапняків та пісковиків. Глибокі долини річок Придністров'я надають цій частині області вигляду гірської місцевості. Східна і північно-

східна частини Подільського плато в межах області значно менше розчленовані долинами річок.

У північно-східній частині Вінницької області, від верхів'я Сниводи до Гірського Тікичу, лежить Придніпровська височина. Найбільш підвищена частина її має середню висоту 300 м. У північно-західній частині області Придніпровська височина має середню висоту від 250 до 300 м. Окремі підвищення є на північний захід від Вінниці (середня висота 300 м), на південь від Хмільника (середня висота-300 м, найбільша-345 м).

Низовин в межах області немає. Є окремі рівні ділянки території, що лежать нижче навколишньої місцевості.

На північному заході області, між Південним Бугом і його притокою Згаром, лежить дуже заболочена Летичівська низина, її абсолютні висоти майже скрізь не перевищують 300 м.

Вінницька область багата нерудними корисними копалинами. Господарське значення мають родовища каолінов і будівельного каменя. Найбільші з них - Глуховецьке родовище каоліну, Турбівське родовище каоліну, Великогадомінецьке родовище каоліну. На території області виявлено близько 50 родовищ гранітів, гнейсів, піщаників, найбільші з них – Вітовське, Гніванське, Стрижавське, Жежельовське. Є також родовище фосфоритів (Жванське), мела, гіпсу, глини, піску.

Паливні ресурси області обмежені і представлені торфом і бурим вугіллям. Ці ресурси мають місцеве значення.

На території області відкриті джерела мінеральних вод – в Хмільнику (радонові води), с. Житники, поблизу м. Козятин і в с. Липовці. Таким чином, мінерально-сировинні ресурси Вінницької області створюють гарну базу для швидкого розвитку її промисловості[1].

### 1.3 Кліматична характеристика міста Бар

Кліматичні умови. Клімат помірно-континентальний, що характеризується теплим літом і помірно м'якою, із частими відлигами, зимою. Температура повітря: середньорічна  $+6,9$  °С, абсолютний мінімум  $-33$  °С, абсолютний максимум  $+38$  °С.

Глибина промерзання ґрунту: середня – 56 см, максимальна – 90 см. Атмосферні опади: середньорічна кількість – 502 мм, в т.ч. теплий період – 370 мм, холодний – 132 мм. Особливі атмосферні явища: тумани, заметілі, грози, град, пилові бурі. Сонячне сяйво: Сонячне сяйво 1800 – 1900 годин на рік. Сумарна сонячна радіація (рік) 3600 – 3800 МДж/м<sup>2</sup>. Сумарна сонячна радіація (літо) 1600 – 1700 МДж/м<sup>2</sup>. Радіаційний баланс діяльності поверхні (рік) 1500 – 1600 МДж/м<sup>2</sup>. Альbedo діяльності поверхні 24 %. Баланс короткохвильової радіації (рік) 2800 – 3000 МДж/м<sup>2</sup>. Фотосинтетично активна радіація (вегетаційний період) 1700 – 1800 МДж/м<sup>2</sup> (з температурою 5 °С та вище) Температура повітря та поверхні ґрунту: Середня місячна температура повітря (січень)  $-5$  °С –  $+6$  °С Середня місячна температура повітря (липень)  $+18$  °С –  $+19$  °С Середня температура повітря в рік  $+7$  °С –  $+8$  °С Абсолютний мінімум температури повітря в рік  $-33$  °С Абсолютний максимум температури повітря в рік  $+37$  °С. Температура поверхні ґрунту (січень)  $-6$  °С. Абсолютний мінімум температури поверхні ґрунту за рік.  $-43$  °С. Температура поверхні ґрунту (липень).  $+23$  °С Абсолютний максимум температури поверхні ґрунту за рік.  $+66$  °С Геліо та вітроенергетичні ресурси:

Геліоенергетичні ресурси (зима) Повторюваність безперервної тривалості сонячного сяйва понад 6 годин на добу – 23 %. Кількість сонячної енергії, яка надходить – 500 МДж/м<sup>2</sup>. Кількість потенційної виробленої енергії – 350 МДж/м<sup>2</sup>. Геліоенергетичні ресурси (літо) Повторюваність безперервної тривалості сонячного сяйва понад 6 годин на добу – 31 %.

Кількість сонячної енергії, яка надходить – 2000 МДж/м<sup>2</sup>. Кількість потенційної виробленої енергії – 1800 МДж/м<sup>2</sup>. Вітроенергетичні ресурси (зима) Тривалість робочої швидкості вітру понад 3 м/с за зиму – 1000 годин. Середня швидкість вітру на висоті 16 м від поверхні землі – 3,9 м/с. Питома потужність вітрової енергії – 90 Вт/м<sup>2</sup> Кількість потенційної виробленої енергії – 750 МДж/м<sup>2</sup>. Вітроенергетичні Тривалість робочої швидкості вітру понад 3 м/с за літо – 750 годин. ресурси (літо) Середня швидкість вітру на висоті 16 м від поверхні землі – 2,8 м/с. Питома потужність вітрової енергії – 37,5 Вт/м<sup>2</sup> Кількість потенційної виробленої енергії – 300 МДж/м<sup>2</sup>. Початок опалювального періоду 15 жовтня, закінчення опалювального періоду 15 квітня, тривалість опалювального періоду 180 днів[1].

#### **1.4 Гідрографічна характеристика міста Бар**

Водні ресурси Вінницької області складаються із об'ємів поверхневих і підземних вод. Поверхневі води області зосереджені у водних об'єктах - річках, водосховищах, ставках, каналах тощо.

Використовуються водні ресурси області для питного та технічного водопостачання, судноплавства, риборозведення, зрошування земель і гідроенергетики.

Річки Вінницької області належать до басейнів трьох основних рік України – Південного Бугу, Дністра і Дніпра, на басейни яких припадає відповідно 62 %, 28 % і 10 % території області.

Гідрографічна мережа Вінниччини представлена річковими системами Південного Бугу зображено на рис 1.2, річок Дністра та Дніпра. Живляться річки дощовими (48 %), сніговими (25 %) і підземними водами (27 %).

Мінералізація води гідрокарбонатно-кальцієва. Всього територією області протікає 3,6 тисячі річок, загальною протяжністю 11,8 тис.км. Пересічна густина річкової мережі становить 0,45 км/км<sup>2</sup>.



Рис. 1.2 – Річка Південний Буг

В цілому, річки Вінницької області можна поділити за такими категоріями: – великі річки – 2 (Південний Буг і Дністер), довжиною по території Вінницької області, що становить 0,1 %; – середні річки – 4 (Соб, Гірський Тікич, Мурафа, Рось), загальною довжиною 348 км, що становить 0,1 %; – малі річки (довжиною понад 10 км) – 226; - струмки (довжиною менше 10 км) – 3594 загальною довжиною 10935км, що становить 99,8 %.

Басейн Південного Бугу займає 62 % території області (16,4 тис. км<sup>2</sup>), густота річкової мережі цього басейну становить 0,43/км<sup>2</sup>. Всього нараховується 2230 річок довжиною 7226 км, з них середні річки: Соб та

Гірський Тікич (початок); 49 водосховищ загальною площею 9246,6 га.  
р. Південний Буг. Довжина 857 км, площа басейну 80000 км<sup>2</sup>. Бере початок на Подільській височині.

У верхів'ї на території Хмельницької і Вінницької області річка тече заболоченою долиною завширшки до 1,5 км, схили пологі, подекуди залісені, висотою 3-15 м. Річище завширшки 10-15 м, глибини 0,2...2,5 м, швидкість течії невелика.

Густота річкової сітки становить пересічно 0,35 км/км<sup>2</sup>. Живлення мішане, з переважанням снігового (50 % у верхній частині). Пересічна мінералізація води у верхній течії 300–500 мг/дм<sup>3</sup>.

Південний Буг має велике народно-господарське значення. Його воду використовують для зрошення, промислового і комунального водопостачання. На ньому споруджено 13 невеликих ГЕС, ряд водосховищ. Розвинуто рибництво, берега річки використовують для рекреаційних цілей. Притоки Південного Бугу. Водна система басейну Південного Бугу в межах області займає близько 70 % її території і представлена річками Дохна, Згар, Рів, Соб, Савранка. р. Дохна. Річка протікає у Крижопільському, Тростянецькому, Чечельницькому та Бершадському районах Вінницької області, права притока Південного Бугу. Довжина 74 км, площа басейну 1280 км<sup>2</sup>. Долина трапецієвидна, у верхів'ї її ширина 0,5–0,6 км, біля м. Бершадь – 3,5 км. Заплава переважно заболочена, завширшки до 200 м. Річище звивисте, шириною 2 ... 4 м, у пониззі – до 10 м. Глибини пересічно 1 м. Похил річки 1,1 м/км. Живлення мішане, з переважанням снігового. Стік зарегульований ставками та водосховищами.

Воду використовують для технічного водопостачання, зрошення і рибництва. У пониззі береги річки залужені і залісенні. р. Згар. Протікає на території Хмельницької і Вінницької областей (Літинський, Жмеринський, Калинівський райони) і є правою притокою Південного Бугу. Довжина річки

95 км, площа басейну 1170 км<sup>2</sup>. Долина трапецієвидна, шириною до 4 км, глибиною до 30 м. Заплава двустороння. У верхів'ї заболочена, завширшки від 50-150 м до 1,5-2 км. Річище слабозвивисте, пересічна ширина 5 – 10 м, максимальна – до 40 м. Глибина річки 0,5 – 1,5 м, максимальна – 5 м. Похил річки 0,91 м/км. Живлення мішане. Стік зарегульований водосховищами і ставками. Воду використовують для водопостачання. Зрошення; створені окремі рибні господарства. р. Рів. Протікає на територіях Хмельницької (Віньковицький і Деражнянський райони) і Вінницької областей. В межах області довжина р. Південний Буг – 352 км райони і є правою притокою Південного Бугу. Довжина річки 104 км, площа басейну 1160 км<sup>2</sup>. Тече Подільською височиною. Долина V – подібна, слабозвивиста; ширина її переважно 0,7 – 1,3 км, найбільша (до 3 км) в районі м.Бар. Глибина долини змінюється від 5 – 10 м до 20 – 35 м і більше. Річище звивисте, подекуди порожисте. На окремих ділянках р. Рів пересихає, тут споруджено Барське водосховище. Похил річки 0,82 м/км. Живлення мішане, з переважанням снігового. Воду використовують для господарсько-побутових потреб, зрошення і рибництва. р. Соб – річка протікає у Липовецькому, Іллінецькому, Гайсинському та Тростянецькому районах Вінницької області (гирло), ліва притока Південного Бугу. Довжина річки 115 км, площа басейну 2840 км<sup>2</sup>. Долина завширшки до 1,5 – 3 км, схили переважно пологі, на окремих ділянках круті, є виходи кристалічних порід. Заплава двостороння. Вкрита лучною рослинністю, її ширина від 100 до 500 м. Річище помірно звивисте, розгалужене, переважна ширина 15-20 м, у пониззі подекуди до 100 м. Глибина від 0,2 до 3 м. Дно піщане, замулене. Похил річки 1 м/км. Живлення дощове і снігове. У заплаві Собу споруджені численні ставки. Воду використовують для промислового і сільськогосподарського водопостачання, рибництва. р. Савранка – річка протікає по територіях Піщанського і Чечельницького районів Вінницької області, права притока Південного Бугу.



Довжина 97 км, площа басейну 1770 км<sup>2</sup>. Долина у верхів'ї V – подібна, ширина 0,5-1 км. Нижче трапецієвидна, шириною 3 – 4 км. Заплава місцями заболочена, завширшки до 200 м. Річище слабозвивисте. Похил річки 1,5 м/км. Живлення мішане, з переважанням снігового. Річка Рів, с. Северинівка Жмеринського району Басейн Дністра займає 28 % території області (7,5 тис. км<sup>2</sup>), густота річкової мережі басейну становить 0,41/км<sup>2</sup>. Всього нараховується 912 річок довжиною 3260 км, з них середня річки: Мурафа; 10 водосховищ загальною площею 1364 га з врахуванням частини Дністровського та Буферного водосховищ, розташованих в межах Вінницької області (459 га). р. Дністер. Середня течія Дністра (від с. Нижнів до м. Могилів-Подільського) тече Подільською височиною. Тут долина річки звужується і поглиблюється, подекуди набуваючи каньйоноподібної форми (шириною 0,4 – 1,5 км, глибиною до 100 – 120 м). Річище тут дуже звивисте, є пороги. Головними притоками середньої течії Дністра, які протікають на території Вінницької області, є Мурафа, Лядова, Русава, Марківка. Живлення середнього Дністра мішане з переважанням снігового.

Пересічна мінералізація води 300 – 500 мг/дм<sup>3</sup>. Ділянка середнього Дністра має велике народногосподарське значення. На ньому споруджено Дністровський гідровузол. Річки тут судноплавні. Велике значення мають води річки для зрошення. Долина середньої частини Дністра – важливий рекреаційний район.

Водна система середньої частини басейну Дністра, в даному звіті, представлена річками Лядова, Мурафа і Русава. р. Лядова – річка переважно протікає по території Вінницької області і є лівою притокою Дністра. Довжина 93 км, площа басейну 748 км<sup>2</sup>. Бере початок з джерел у заболоченій улоговині біля с. Дашківці. Долина V-подібна, у верхів'ї ширина її переважно 1 – 3 км, нижче ширина долини становить 1,5 – 2 км. Заплава двостороння, завширшки від 30 до 700 м. Річище у верхів'ї слабо розгалужене, подекуди

губиться у заболоченій заплаві. Нижче Лядова зарегульована ставками і водосховищами; на окремих ділянках влітку пересихає. Ширина річки 5 – 10 м, найбільша – 22 м, глибина до 1 – 1,2 м. Похил річки 2,5 м/км. Живлення снігове і дощове[1].

Воду річки використовують для промислового водопостачання, зрошення і рибництва. р. Мурафа – ліва притока Дністра, протікає цілком по територіях 5 районів Вінницької області. Довжина 163 км, площа басейну 2410 км<sup>2</sup>. Бере початок з джерел на Подільській височині, поблизу с. Затоки. Долина у верхній течії неясно виражена з пологими схилами; нижче V-подібна, з крутими, розчленованими схилами. Глибина долини у пониззі до 80 – 120 м, ширина 1 – 1,5 км. Заплава двостороння, у верхній течії заболочена. Ширина у верхів'ї 50 – 120 м, у середині і нижній течії 200 – 600 м. Річище у верхній частині слабозвивисте, замулене, нижче кам'янисте, є пороги. В межах області довжина р. Дністер – 166 км річки 15 – 20 м (найбільша 58 м), глибина на порожистих ділянках 0,1 – 0,5 м, на плесах 1,5 – 3,5 м. Похил річки 1,6 м/км. На річці споруджено ГЕС. Воду використовують для водопостачання, зрошення та рибництва. р. Русава – річка протікає у Томашпільському і Ямпільському районах області, ліва притока Дністра. Довжина 78 км, площа басейну 991 км<sup>2</sup>. Бере початок біля с. Олександрівка, тече Подільською височиною.

Долина V – подібна, ширина від 0,5 до 2,1 км. Схили помірно круті, на окремих ділянках терасовані. Заплава двостороння, пересічна ширина 300 м. Річище звивисте, на окремих ділянках обваловане, ширина його до 30 м. Похил річки 2,9 м/км. Живлення мішане з переважанням снігового. Споруджено водосховище. Воду річки використовують для господарсько-побутових потреб. Басейн Дніпра представлено витокami двох притоків Рось (I порядку) і Гнилоп'ять (II порядку), займає 10 % території області, густота річкової мережі басейну становить 0,48 км<sup>2</sup>. Всього

нараховується 458 річок загальною довжиною 1314 км, 6 водосховищ площею 556,4га. р. Гнилоп'ять. Довжина річки 99 км, площа басейну 1312 км<sup>2</sup>. Долина у верхів'ї заболочена, ширина до 3 км, глибина до 30 м. Річище звивисте, ширина до 20 м. Глибини річки до 15 м. Похил річки 1,1 м/км. Живлення річки мішане з переважанням снігового. Використовується для питного і технічного водопостачання, а також як водоприймач осушувальних систем. В межах області довжина близько 29 км (29 %), площа 439 км<sup>2</sup> (33,5 %).

Р. Рось – права притока Дніпра. Довжина 346 км, площа басейну 12600 км<sup>2</sup>. Бере початок з джерел поблизу с. Ординці Погребищенського району в межах Придніпровської височини. Похил річки дуже значний 0,61 м/км. Живлення мішане. Воду використовують для водопостачання. Русло річки звивисте, в районі м. Погребище річкова долина не широка, частково розорана і використовується під городні культури. Русло завширшки 2 – 4 м, дуже мілководне (20 – 30 см) і дуже занесене змитим Верхів'я річки Рось, Погребищенський район ґрунтом. На Рось, нижче Погребища, помітко впливають стоки цього міста. Річка завширшки 3 – 4 м, має каламутну воду. Майже для всіх річок області характерним є водний режим з помітною весняною повінню та високою ступінню зарегульованості штучними водоймами – водосховищами і ставками.

У Вінницькій області налічується понад 5300 ставків загальним обсягом 246 млн. м<sup>3</sup> та площею водного дзеркала понад 24 тис.га. Більшість ставків побудовано на малих річках та ставках, внаслідок чого їх водний режим зарегульований на 40 – 60 %.

Площа ставків області коливається в широкому діапазоні – від 0,1 до 80 га. Найбільше ставків в області припадає на басейн Південного Бугу. В межах Вінницької області побудовано 52 водосховища місткістю 293 млн. м<sup>3</sup>, загальною площею водного дзеркала майже 10 тис.га.

Крім того, частини двох водосховищ Дністровського каскаду розташовані на південному кордоні області.

До водосховищ віднесено штучні водойми місткістю понад 1 млн.м<sup>3</sup>.

Для більшості водойм зменшення площ водного дзеркала і об'єму відбулося через замулення і заболочення їх верхів'їв. Використовуються ставки та водосховища області для потреб гідроенергетики, водопостачання, риборозведення та рекреації. Значна частина штучних водойм передана фізичним та юридичним особам у користування на умовах оренди, в основному – для рибогосподарських потреб. Водозабезпеченість територій та регіонів Середньобагаторічний об'єм річного стоку Вінниччини становить 2,0 млрд. м<sup>3</sup>. В маловодний рік (P = 75 %) він складає біля 1,5 млрд. м<sup>3</sup>, в дуже маловодний рік (P = 95 %) – 1,05 млрд. м<sup>3</sup>. Більша частина місцевого стоку області, до 70 %, формується в басейні Південного Бугу.

Більш значний транзитний стік Дністра проходить по південному кордоні області і використовується лише для зрошення та гідроенергетики. Загальні ресурси поверхневих вод у Вінницькій області становлять 9,6 млрд. м<sup>3</sup> (в т.ч. транзитний стік Дністра – 7620 млн. м<sup>3</sup>), що відповідає близькій до середньої забезпеченості. Важливу роль у водному господарстві Вінниччини відіграють підземні води, як найбільш надійне джерело доброякісної питної води. Прогнозні запаси підземних вод області становлять 324,9 млн. м<sup>3</sup>/рік, затверджені експлуатаційні запаси – 45,7 млн. м<sup>3</sup>/рік. Щорічно використовується, в середньому, від 7 до 10 % прогнозних ресурсів, в окремих районах (Вінницький, Калинівський, Козятинський) цей показник наближується до 20 %. На одного жителя Вінницької області, без врахування транзитного стоку Дністра, припадають наступні річні об'єми місцевого стоку: середньобагаторічного – 1,5 тис. м<sup>3</sup>; маловодного – 1,1 тис. м<sup>3</sup>; дуже маловодного – 0,75 тис. м<sup>3</sup>. Наявні водні ресурси області забезпечують потреби населення у водних ресурсах в необхідній кількості.

### 1.5 Характеристика флори і фауни

Рослинний світ Вінниччини вирізняється своїм багатством. У різноманітних природних комплексах на території області зустрічається близько 1200 видів рослин. Практично всі вони приурочені до певних умов зростання, які виділяються на Східному Поділлі: по всій області поширені лісові та прибережно-водні види. Лучні та болотні види більш характерні для півночі Вінниччини, а степові – для півдня. Розсіяно по всій території Східного Поділля зустрічаються види вапнякових та гранітних відслонень. Надзвичайно багато в області заносних видів рослин, котрі ростуть переважно в місцях, де природний рослинний покрив порушений або зник взагалі. Деякі з них ми можемо бачити на рис 1.3.[2]



Рис. 1.3 – Рідкісні рослини Вінниччини

З понад тисячі видів рослин Вінниччини близько 200 є рідкісними – такими, що зустрічаються лише в окремих місцевостях, урочищах або скорочують свій ареал[1].

Рідкісні види флори можна поділити на кілька груп за ступенем їх поширення, екологічної пристосованості, приуроченості до певних природних комплексів. Так, за географічним принципом виділяються: ендемічні, реліктові, гранично-ареальні, диз'юнктивно-ареальні види. За фітоценотичним – лісові, лучні, болотні, водні і прибережно – водні, степові та петрофітні види.

За господарським – декоративні, лікарські, технічні, ароматичні.

За фенологічним – ранньовесняні, весняні, літні, ефемероїди тощо. Окремо виділяються систематичні групи рідкісних видів: орхідні, ковили, цибулинні тощо та група зниклих видів.

Тваринний світ області різноманітний. Однак, на фоні досить великою біорізноманіття, звичайно властивого лісостепу, все ж таки необхідно підкреслити певну тенденцію до збідненості фауни наземних хребетних області, що викликано напівізольованістю внаслідок сильної фрагментації природних територій. [2]

Всього в області налічується близько 420 видів тварин, у т.ч. риб – 30, земноводних – 11, плазунів – 8, птахів – 300, ссавців – 70.

На підставі аналізу розподілення головним чином хребетних тварин за біотопами можливе виділення наступних фауністичних комплексів.

Лісовий, до якого входять тварини, що мешкають в лісах різного типу. Серед ссавців тут домінують полівка руда, миша жовтогорла, кріт європейський, землерийка звичайна, та куниця лісова зображена на рис 1.4.



Рис 1.4 – Куниця лісова.

Серед птахів – зяблик, вівчарик-ковалик, велика синиця, дрозди чорний та співочий, дятли строкаті великий та середній, сова сіра; земноводні представлені ропухою сірою, а плазуни – веретільницею[2].

Чагарниковий фауністичний комплекс охоплює тварин, що заселяють чагарники по балках та узліссях. Чагарникові стації трапляються рівномірно на всій території області. Різноманіття тварин у цих місцях досить значне, що викликано проміжним характером чагарникових стацій – тут

зустрічаються як представники лісового, так і степо-агрогенного комплексу. Домінуючими видами чагарникових біотопів слід вважати: серед ссавців – мишу польову та лісову, полівка звичайну та руду, їжака європейського, ласку та горностая, борсука, лисицю звичайну; серед птахів – сорокопуда жулана, славку сіру, вівсянку звичайну, одуда, чечевицю, щиглика, кобилочку річкову; серед плазунів тут зустрічається мідянка та ящірку прудка. В норах ярів гніздяться бджолоїдки.

Лучний фауністичний комплекс включає тварин, що живуть на відкритих і місцями зарослих чагарником ділянках. Звичайними для цих місць серед ссавців є миша польова, землерийка – бурозубка звичайна та мала, кутора велика, кріт європейський, ласка; серед птахів — плиска біла, кулик – перевізник, рибалочка, ластівка берегова; серед плазунів — вуж звичайний; серед амфібій — квакша. Крім того саме тут зустрічається досить велике число видів з Червоної книги: горностай, видра, орлан – білохвіст та кулик – сорока зображено на рис 1.5.

Болотяний фауністичний комплекс включає окремі ділянки прибережних зон.

Видовий склад ссавців принципово не відрізняється від лучного комплексу, а серед птахів тут є ряд видів притаманних виключно водно-болотяним стаціям. Досить часто зустрічається крижень, водяна курочка, лиска, велика очеретянка. Більш рідкими є вівсянка очеретяна, очеретянка лучна та кобилочка солов'їна. В прибережних смугах у досить великій кількості зустрічається і жаба озерна зображена на рис 1.6.

Степоагрогенний фауністичний комплекс включає види, що живуть на досить просторих степових ділянках, а також на полях, пасовищах і перелогах, що розміщуються більш – менш рівномірно[1].





Рис 1.5 – Кулик – сорока

Для цих стацій притаманні також і сліпак подільський, заєць-русак, білозубка мала та білочерева. Серед птахів тут звичайні жайворонок польовий та плиска жовта. Рідше зустрічаються – чубатий жайворонок, сіра куріпка, перепілка та чекан лучний.



Рис 1.6 – Жаба озерна

Синантропний фауністичний комплекс включає види, життя яких тісно пов'язане з людським помешканням і населеними пунктами. Саме тут концентруються види, що можливо вважати синантропами: хатня миша, пацюк сірий, куниця кам'яна, тхір чорний, кажан пізній, горобці хатні, польові, та ластівка сільська зображена на рис 1.7. [1]



Рис 1.7 – Ластівка сільська

### **1.6 Висновки по розділу 1.**

За результатами аналізу науково-технічної, довідникової та нормативної літератури за темою дослідження надано та описано екологічної характеристики району розміщення Барського ЛВУМГ, зокрема Вінницької області та міста Бар.

Надано характеристику сучасному екологічному стану регіону, виявлено екологічні проблеми регіону, проаналізовано джерела та причини виникнення екологічних проблем, визначено можливі шляхи їх вирішення, обґрунтовано необхідність побудови технологій захисту різних компонентів навколишнього природного середовища.

## **2 АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ТА ОЦІНКА ВПЛИВУ БАРСЬКОГО ЛВУМГ НА НАВКОЛИШНЄ ПРИРОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ**

### **2.1 Оцінка сучасного екологічного стану території**

Відомо, що глобальне складається з локального і необхідно контролювати дії із забруднення природи повсюди і щодено, маючи на меті стійкий розвиток території. З екологічної точки зору, стійкий розвиток повинен забезпечувати цілісність біологічних і фізичних природних систем.

Особливе значення має життєздатність екосистем, від яких залежить глобальна стабільність усієї біосфери.

Деградація природних ресурсів, забруднення навколишнього середовища і втрата біологічного розмаїття скорочує здатність екологічних систем до самовідновлення, що веде в кінцевому підсумку до хвороб і смерті людини – і все це реалії сьогодення. З одного боку, екосистеми надають людині низку «послуг» – вони надають нам їжу, регулюють клімат, підтримують кругообіг поживних речовин, переробляють відходи і т.д. З іншого – людство продовжує експлуатувати і забруднювати екосистеми, а розробники і політики не виділяють достатньо (якщо взагалі виділяють) засобів на підтримання цих «послуг». Адже планета Земля – це природна мегасистема, поверхня якої є середовищем проживання людства. Великий і багатофункціональний обсяг роботи, яка виконується цією системою, осмислюється багатьма науковими напрямками, провідні серед яких мають надбавку гео- і біо-.

В цьому ряду три союзниці – геологія, географія і біологія – набувають значення потужної тріади фундаментальних наук. Дана тріада дозволяє у сучасних умовах забезпечувати суспільство як першоосновою матеріального розвитку (мінеральною сировиною), так і механізмом його господарського освоєння при обов'язковій оцінці спрямованості звичайної зміни стану

навколишнього природного середовища. [3]

У природі все збалансовано. Кругообіг будь-якої речовини: чи то біологічного, чи мантійного, чи атмосферного або гідросферного характеризується закономірною циклічністю, яка формує незворотню еволюцію органічного світу і відбивається у тих чи інших проявах стану навколишнього середовища.

Підтримання екологічного стану проживання людини на рівні екологічної рівноваги для нормального функціонування умов життєзабезпечення є пріоритетним завданням будь-якого регіону (в тому числі і Барського на Вінничині) і ця рівновага повинна регулюватися шляхом випереджаючого прийняття заходів з попередження негативних природних змін в біосфері і географічному середовищі.

У зв'язку з бурхливим зростанням геоекологічних проблем найважливішим завданням дослідників стає пріоритет екологічної освіти населення, необхідність формування науково-технічного потенціалу, недопущення духовної деградації суспільства на шляху економічного розвитку регіонів. Таким чином, екологізація суспільства через освіту – один з необхідних кроків у досягненні стійкого розвитку території конкретного району і регіону загалом.[3]

Серед великої кількості явищ, які не зв'язані з техногенною діяльністю, виділяється негативне екологічне навантаження, яке створює сама природа. Тому під екологічною ситуацією слід розуміти не тільки рівень стану оточуючого нас природного середовища, але і спрямованості звичайних природних процесів, які інколи негативно впливають на розвиток органічного світу. Серед усього комплексу природних впливів на екологічну ситуацію регіону розглянемо найбільш суттєві з них. Особливості будови рельєфу Барського району Вінницької області характеризуються багатством і різноманіттям орографії. Основного розвитку тут набули низинні форми

рельєфу, які функціонують вздовж великих водойм, а також в долинах великих річок.

Деякі території району мають свою генетичну природу утворення. Елементи орографії є самостійними об'єктами у загальній морфологічній схемі рельєфу земної поверхні. Кожний з них володіє специфічними особливостями, що проявляються в міру геоecологічного навантаження на ландшафт. Наприклад, у найбільш піднятих ділянках ґрунтовий шар піддається інтенсивному промиванню і тому характеризується підвищеною запісоченістю і збідненістю гумусовою речовиною. І навпаки, в найбільш занижених ділянках ґрунтового горизонти є добре розвинутими, а переважно глинистий їх склад має високу міру насиченості корисними компонентами. Однак, тут «шкідником» виступає площадкова заболоченість, що не дає можливості використати територію на усі 100 %. В даному випадку геоecологічна проблема повинна вирішуватися шляхом техногенного втручання, але тільки у розумних межах.

Кліматичний фактор займає надрівневі позиції і є регіональним для усієї території, що розглядається. Головна особливість території Барського району – його північне географічне положення і, природно, тривалий період з низькими температурами. Його атлантико – континентальний, із помірно холодною зимою і нежарким вологим літом, зумовлює невисокі запаси тепла і забезпечує низьке річне випаровування.

Надлишок вологи забезпечує інтенсивне стікання, що сприяє заболоченню території. Усі ці обставини негативно проявляються на геоecологічній обстановці Барського району і проявляються в наступних параметрах:

- у різкому дефіциті кількості сонячного випромінювання, що поступає на поверхню Землі у 2 – 3 рази у порівнянні з південними районами. А це призводить до погіршення якості питтєвої води у водоймах.

– у низьких температурах, що знижує швидкість протікання хімічних реакцій і біологічних процесів у 2 – 3 рази у порівнянні з південними районами Вінницької області. Це сприяє відносно невисоким темпам зростання рослин (в тому числі і сільськогосподарських культур) і тварин, а значить прогресує зниження процесів відновлення порушених екосистем, а також зниження хімічного і біологічного розкладання, що веде до надзвичайного накопичення забруднюючих речовин.[3]

Радіаційний фон, який завдає шкідливого природного впливу для усього живого. Він виникає в надрах планети і проявляється на її поверхні. Це найбільш вагомий елемент геоекологічної напруженості в регіоні, пов'язаний із випромінюванням природних радіонуклідів. Кількість радіонуклідів, що містяться у ґрунтових горизонтах і гірських породах повністю зв'язана з місцевими особливостями геологічної будови.

До усіх негативних факторів слід додати підвищену радононебезпеку на великій території Вінницької області, що утворилася в процесі розпаду радія і представлену найбільш поширеними його ізотопами – радоном, тороном і актиноном. Дослідження показують, що їх підвищені концентрації у ґрунті і в повітрі тяжіють до вузлів перетину різноспрямованих зон тектонічних порушень, до яких можуть бути просторово приурочені рудопрояви з бідними за вмістом урану рудами. Завдяки своїй підвищеній проникності розломи можуть сприяти переміщенню радіоактивних розчинів і газів аж до виходу на поверхню Землі з частковою концентрацією їх у розпушених ґрунтових горизонтах. У цьому випадку вже слід говорити про геопатогенні зони, що є найбільш сприятливими шляхами міграції родону – хімічного елементу і які мають негативний вплив на біологічні об'єкти, включаючи людину.

Одним із шляхів вирішення геоекологічних проблем є комплексний підхід у вивченні закономірностей природних явищ і грамотне їх

використання на службі людству. Найбільш детально такі дослідження можна проводити на об'єктах природи Барського району, багато яких вже сьогодні є пам'ятниками природи. Крім цього, територія Барського району, так звана Барська земля Поділля – це автономне природне середовище, і тому питання екологічної грамотності і охорони навколишнього природного середовища в регіоні повинні зачіпати інтереси цілих груп сусідніх областей України на взаємовигідній основі. Кожна з територій повинна зробити свій посильний внесок у розробку концепції екологічної безпеки регіону, серед основних напрямків в якій слід виділити такі аспекти:

- підготовка сумісних навчальних, наукових і виробничих програм і погоджень;
- співробітництво в галузі екологічної і виробничої освіти шляхом обміну або спрямування у відомі освітні центри навчальних груп, студентів, аспірантів, стажерів;
- багатосторонні договори підприємств, науково-дослідницьких і вищих навчальних закладів у взаємодіях їх у вузьких галузях знань.

Необхідно так організувати господарство, щоб антропогенний вплив не був смертельним, щоб його «продукт» міг брати участь у природних кругообігах речовин, будучи очищеними. Власне на це потрібно витратити грошові засоби. А ми сьогодні змушені витратити їх на штрафи за шкідливі викиди, а не на очисні споруди і відповідні технології. Арсенал заходів з охорони навколишнього середовища не всемогутній. Але разом з цим розумне і своєчасне поєднання таких заходів, особливо разом із проведенням територіальних (регіональних) природоохоронних акцій, що не вимагають, як правило, великих капіталовкладень, вже сьогодні може забезпечити якщо не повне вирішення екологічної проблеми, то успішну екологічну освіту людей.

На завершення слід відзначити, що з багатьох проблем, які підняті у даній статті, нами вже здійснюється моніторинг і робляться дієві заходи.



Хочеться, щоб цей процес йшов за зростаючою лінією, а екологічна грамотність населення стала невід'ємним атрибутом повсякденного життя будь-якого члена нашого суспільства. Барська земля Поділля в даному аспекті не є винятком. Вона демонструє наші можливості входження України в європейську культуру і демонструє перспективи сталого розвитку, про який почасти політики стали забувати[3].

## **2.2 Джерела впливу об'єкту на навколишнє природне середовище**

Сучасна компресорна станція – це складний інженерний комплекс, який забезпечує основні технологічні процеси з підготовки та транспортування природного газу.

Компресорна станція (КС) як невід'ємна складова системи, що забезпечує транспортування газу за допомогою енергетичного обладнання, виступає керуючим елементом у комплексі споруд, які входять до магістрального газопроводу. Саме параметрами роботи КС визначається режим роботи газопроводу. Наявність КС дає змогу регулювати режим роботи газопроводу при коливаннях використання газу, максимально використовуючи при цьому акумулюючу здатність газопроводу.

Розглянуто основні забруднювальні речовини та їхній склад, що найчастіше викидаються в атмосферу під час експлуатації компресорних станцій магістральних газопроводів. Найбільшу небезпеку створюють джерела забруднення атмосфери, пов'язані насамперед із процесами спалювання неорганічного палива.

Встановлено, що в камерах згорання газоперекачувальних агрегатів газотурбінних двигунів утворюються оксид і діоксид азоту, оксид вуглецю та інші речовини, які забруднюють атмосферне повітря.

Із загальної кількості викидів природного газу на КС, майже 85 % припадає на технологічні викиди під час запусків і зупинок ГПА, продування

пиловловлювачів, до 10 % пов'язано з різного роду витіканнями газу через свищі і нещільності запірної – регульованої арматури і до 5 % втрат газу пов'язані з проведенням різного виду ремонтних робіт, ліквідацій аварійних ситуацій та ін. Викиди газу мають, в основному, періодичний характер. Параметри викидів забруднювальних речовин змінюються залежно від сезонних коливань об'ємів газу, що транспортується, та метеоумов (температури зовнішнього повітря тощо). Лінійна частина газопроводу може бути джерелом викиду, насамперед природного газу, який складається в основному з метану, азоту, парів важких вуглеводнів та ін. Причому пара важких вуглеводнів газового конденсату, що викидається з природним газом в атмосферу, є шкідливою речовиною, а природний газ діє як задушлива, наркотична речовина. [3]

Екологічна проблема в районі розташування КС поглиблюється ще й тим, що такі шкідливі речовини, як діоксид вуглецю, можуть перебувати в атмосфері 5...10 років, оксиди азоту – 2,5...4 роки, оксид вуглецю – 0,2...0,5 року, метан – 4...7 років. Як відомо, ці речовини призводять до таких негативних явищ, як кислотні дощі, парниковий ефект, а метан руйнує озоновий шар в атмосфері. Окрім того, температура викидних газів ГПА, що експлуатуються на КС, знаходиться в межах 250...530 °С, що й визначає високий залишковий тепловий потенціал. Таким чином, до основних дій і речовин, що забруднюють навколишнє середовище поблизу КС, відносяться продукти згоряння природного газу в камерах газотурбінних ГПА, печах опалювальних котелень, значні викиди природного газу, теплове і шумове забруднення газоперекачувальними агрегатами.

Шкідливий тепловий вплив на навколишнє середовище поблизу КС створюється викидними газами ГПА. Середньозважений коефіцієнт ККД вітчизняних газотурбінних агрегатів, що перебувають в експлуатації на КС, складає майже 26 %. У новостворених ГПА на базі авіаційного або суднового

привода він досягає 34...35 % завдяки збільшенню початкових параметрів термодинамічного циклу: температури і тиску продуктів згоряння перед турбіною. Це означає, що тільки 26...35 % хімічної енергії газу, що спалюється в камерах згоряння агрегатів, використовують з користю. Інша частина, що складає 65...74 %, у вигляді теплоти викидається з викидними газами в атмосферу і викликає теплове забруднення навколишнього середовища. [3]

### **2.3 Стислий опис виробництва**

Бізнес-процес БЛВУМГ - це надання послуг з транзиту природного газу магістральними газопроводами, транспортування природного газу, в обумовлених обсягах у загальному потоці газу до ГРС та передача його газорозподільчим організаціям ВАТ «Віницягаз», ВАТ «Хмельницькгаз», ВАТ «Тернопільгаз».

Головним завданням служби є забезпечення безперервного транспорту газу магістральними газопроводами та безперервного постачання газу споживачам згідно плану транспорту газу та устанавленого режиму роботи магістральних газопроводів шляхом цілодобового оперативного керівництва змінним персоналом, який зайнятий експлуатацією та обслуговуванням технологічного обладнання КС.

Компресорна станція №37 зображена на рис 2.1, 2.2. призначена для стиснення та переміщення природного газу по магістральному газопроводу Уренгой-Помари-Ужгород (УПУ).

Природний газ від вузла підключення під тиском 5,5 МПа поступає у блок очищення газу, де відбувається очищення газу від пилу і механічних домішок в пієсти пиловловлювачах та сепараторах.

З блоку очищення газ подається в компресорний цех. Компримування газу забезпечується трьома газоперекачувальними

агрегатами типу ГТН-25 з двигуном ДН-80. [4]

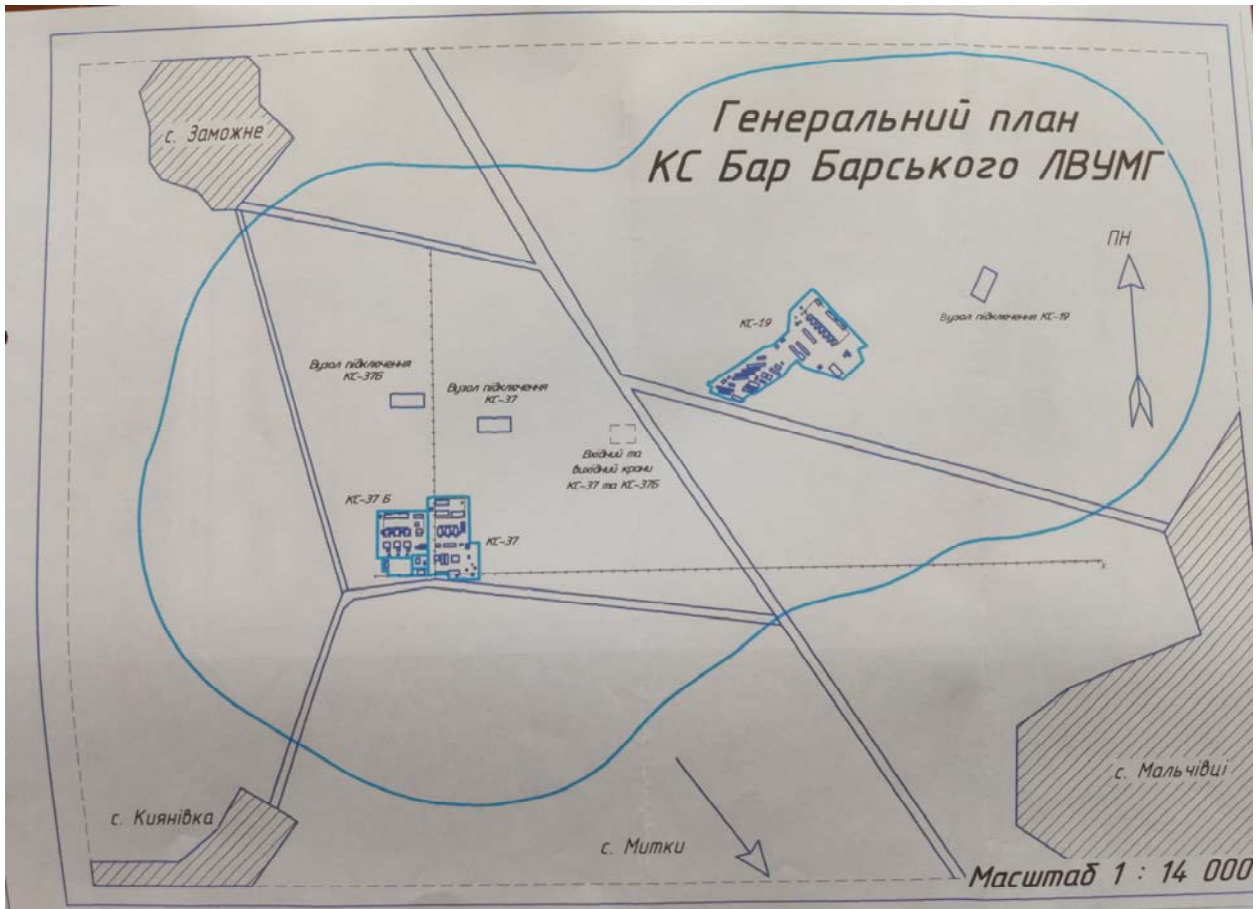


Рис 2.1 – Генеральний план КС-37

З ГТН-25 газ під тиском 7,5 МПа поступає в блок охолодження газу, де охолоджується до температури не вище 40 °С в апаратах повітряного охолодження (АПО).

Охолоджений і стиснутий до тиску 7,5 МПа газ через вузол підключення направляється в магістральний газопровід УПУ.

Система змащування ГТН циркуляційна під тиском. Охолодження масла повітряне, безпосереднє.

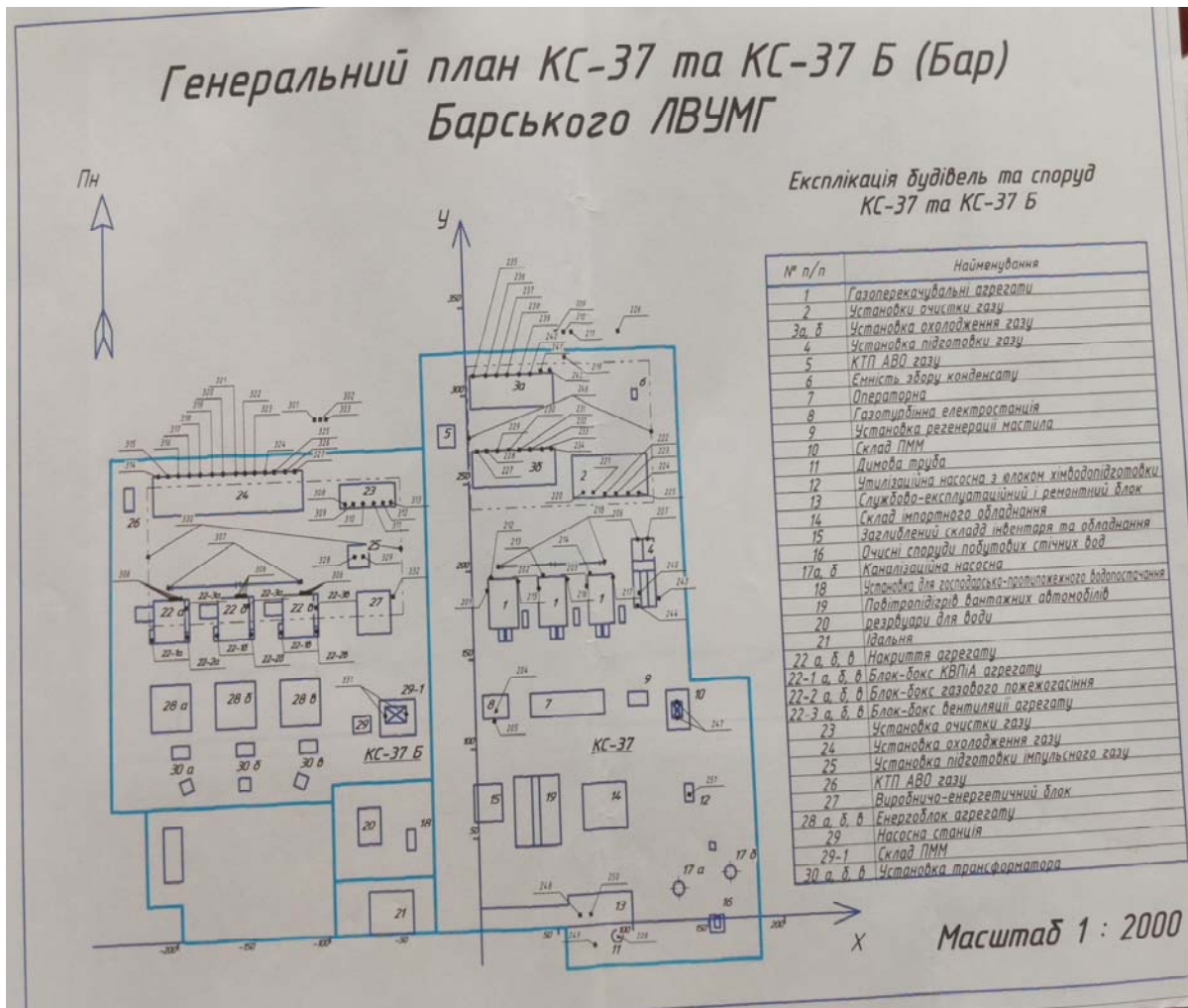


Рис 2.2 – Генеральний план КС-37 детально.

### Склад метанолу

На складі метанолу роботи по зливу метанолу в ємності виконуються вручну відповідальною людиною. Передбачений контроль максимального рівня метанолу в наземному резервуарі. Для протипожежного захисту передбачені первинні засоби пожежегасіння.[4]

Склад метанолу призначений для зберігання метанолу. На складі метанолу є підземні резервуари: (4шт.), 2 з яких ємністю по  $50 \text{ м}^3$ , один ємністю  $25 \text{ м}^3$ , та один на  $5 \text{ м}^3$ . Відвантаження метанолу виконується за допомогою електронасоса в металеву бочку. Наказом по підприємству

призначенні особи відповідальні за зберігання, відвантаження, транспортування метанолу.

Опис систем автоматичного регулювання, блокування, сигналізації, протиаварійного і протипожежного захисту, інших засобів безпеки

Компресорна станція оснащена системами автоматизації, що забезпечують як централізоване управління технологічним обладнанням з диспетчерського пункту так і управління безпосередньо з місць розташування обладнанням зображено на рис 2.3, 2.4.

Система автоматизації забезпечує:

- автоматичне управління, контроль і сигналізацію технологічних об'єктів КС;
- оперативний централізований контроль технологічних параметрів і процесів;
- централізований збір і первинну підготовку технічної інформації.

Установка централізованого контролю і управління виконує наступні функції:

- сигналізація відхилень контрольованих параметрів від заданих значень на групових і індивідуальних індикаторах;
- індикація положення запірної арматури і пристроїв захисту на мнемосхемі або табло;
- безперервне вимірювання і реєстрація значень контрольованих параметрів в аналоговій формі;
- вимірювання контрольованих параметрів по виклику в аналоговій і цифровій формі;
- контроль ряду обчислюваних технологічних параметрів (реєстрація фактів зміни режимів роботи, пуску, зупинки агрегату, автоматичного захисту і дій оператора з одночасною фіксацією часу початку і кінця події);

– програмно-параметричне управління автоматичним пуском і нормальною зупинкою агрегату;

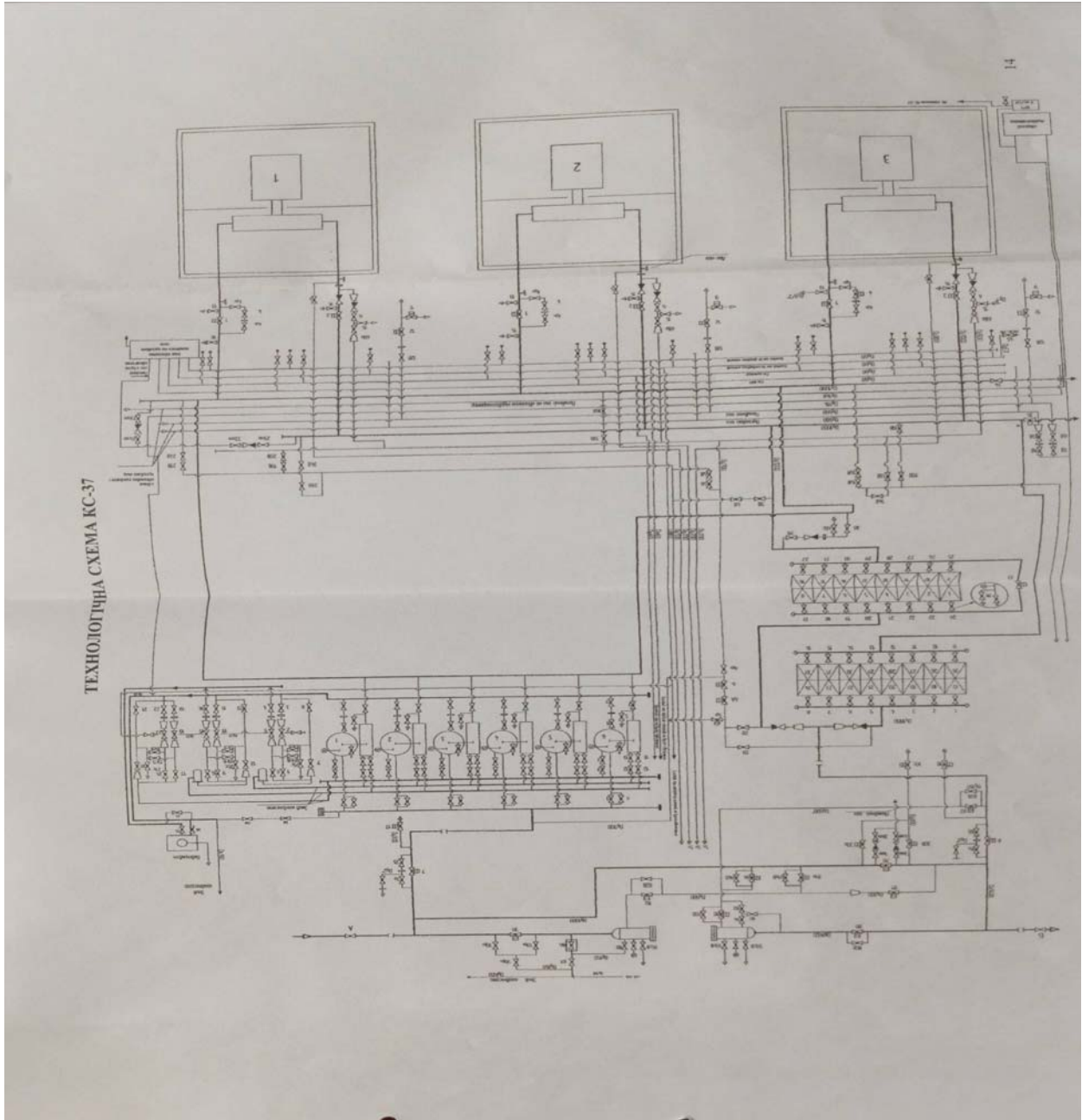


Рис. 2.3. – Технологічна схема.

– періодична і по виклику цифрова реєстрація групи контрольованих параметрів або, при виході одного або декількох параметрів в аварійне

відхилення, аварійна реєстрація з одночасною фіксацією часу, номера групи і ознаки аварійного відхилення;

- формування команд на включення звукового сигналу окремо по попереджувальному і аварійному відхиленню контрольованих параметрів;
- прийом команд дистанційного керування від загальностанційної системи централізованого контролю і управління;
- видача аналогових і дискретних сигналів і команд в загальностанційну СЦКУ. [4]

Для організації контролю і управління компресорною станцією є диспетчерський пункт.

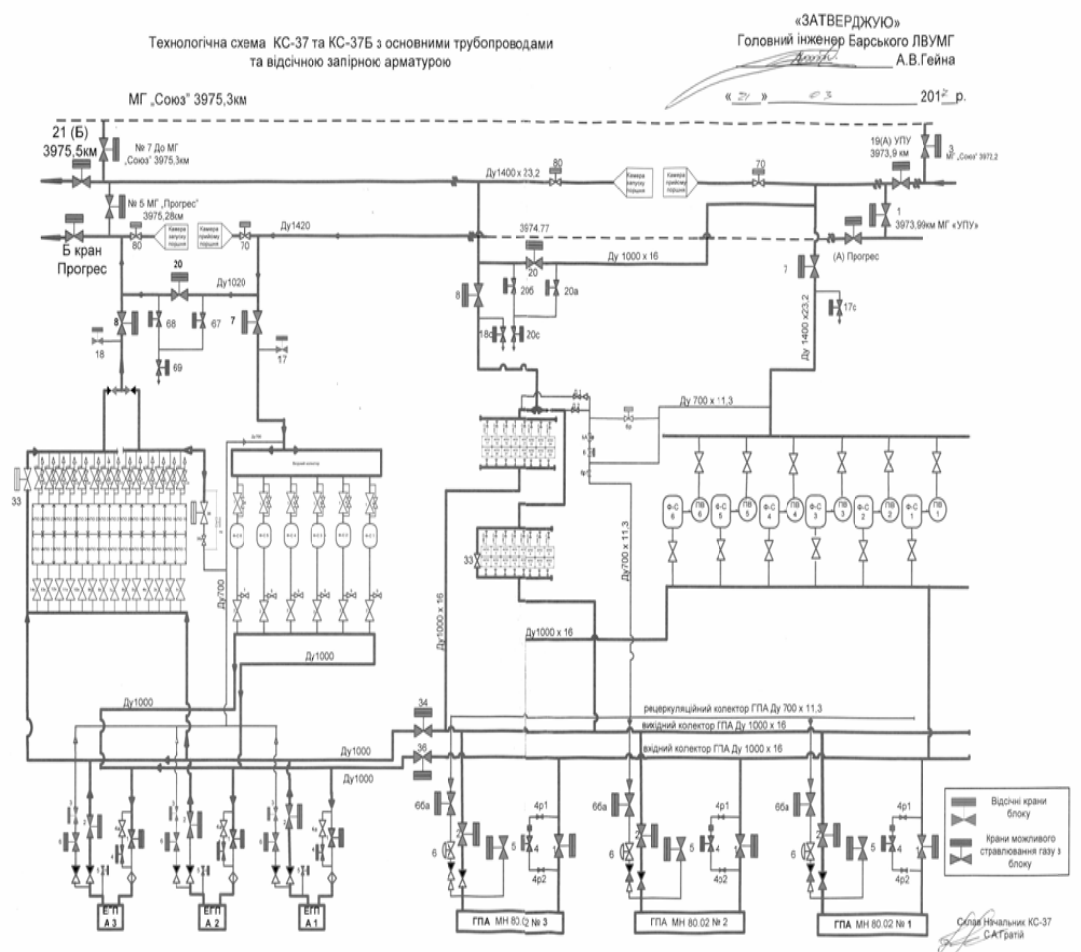


Рис.2.4 – Технологічна схема з основними трубопроводами та відсічною запірною арматурою.



## **2.4 Особливості утворення джерел забруднення під час роботи газоперекачувальних апаратів**

КС призначена для компримування природного газу, транспортування його по магістральному газопроводу. Основними небезпечними факторами, що впливають на природне, виробниче та соціальне середовище в процесі експлуатації КС, є: хімічне забруднення атмосферного повітря через викиди шкідливих речовин під час роботи технологічного обладнання КС, а також через неорганізовані витікання шкідливих речовин у разі пошкодження технологічного обладнання, наявність метану і вуглеводнів, що можуть створити техногенну небезпеку через утворення вибухопожежних газоповітряних сумішей.

Природний газ із магістрального газопроводу на КС потрапляє в пиловловлювачі, там очищується від механічних домішок і надходить в компресорні цехи, де відбувається його стиснення та охолодження в апаратах повітряного охолодження, і подається в магістральний газопровід для транспортування. [4]

Основними джерелами утворення забруднювальних речовин на КС є також технологічне обладнання, використовуване для забезпечення безперебійної роботи КС, та паливовикористовувальне обладнання.

Виділення газу обумовлене епізодичними технологічними операціями, передбаченими технічним регламентом (продування апаратів, газопроводів, і т. д.). Виділення продуктів згорання обумовлене роботою газоперекачувальних агрегатів, котлоагрегатів, вогневих підігрівачів газу. Більшість утворених забруднювальних речовин потрапляють в атмосферу через організовані джерела викиду. Джерелами викидів забруднювальних речовин на промайданчику КС Барського ЛВУМГ є:

- ГПА (10 піт), де відбувається згорання газу;
- свічі розвантаження контурів компресорів (19 шт), через які в

атмосферу стравлюється природний газ (метан) під час їх зупинки;

- свічі, через які в атмосферу стравлюється газ під час продування технологічного обладнання: пиловловлювачів фільтр-сепараторів, адсорберів;
- свічі стравлювання колектора паливно-пускового газу;
- свічі стравлювання колектора пілотного газу;
- свічі маслобака, картера підшипника;
- підігрівані газу;
- котельні;
- котел газорозподільовальної станції;
- резервуари оливи, бензину, дизпалива;
- ємності метанолу, етленгліколю та інші.

Окрім технологічного обладнання на проммайданчику є столярні майстерні, призначені для виконання ремонтних робіт і обладнані газопилоочисними установками. Від металообробних верстатів мехмайстерні в атмосферне повітря через дефлектор – неорганізоване джерело викиду, відводяться аерозолі емульсора.

У механічній майстерні на проммайданчику КС-37 є металорізальний верстат, обладнаний пиловловлювачем закритого типу. Пил абразивно – металевий збирається в контейнер, тому викиду в атмосферне повітря немає.

Отже, основними забруднювальними речовинами, які викидають в атмосферне повітря стаціонарні джерела викиду КС Барського ЛВУМГ, є оксиди азоту і вуглецю, що утворюються під час згорання природного газу і потрапляють в атмосферне повітря через труби ГПА, водогрійні котли ГПА, та метан, який стравлюється зі свічок під час продування технологічного обладнання КС.

Водогрійні котли працюють виключно в опалювальний період, а ГПА – за необхідністю, залежно від відбору газу споживачами. Всі викиди

метану є залповими. Час роботи джерел залпових викидів метану за рік становить декілька хвилин. Час роботи цих джерел визначається часом звільнення комунікацій та обладнання від метану для їх планово – попереджувальних ремонтів.

Від вентиляційних витяжних труб на зварювальних дільницях в атмосферне повітря викидаються оксид заліза, марганець, Флориди, флористий водень, кремній, від столярної майстерні – пил деревини. Через дефлектори в атмосферне повітря потрапляють аерозолі емульсора.

Пари вуглеводнів (бензин, дизпаливо), оливи, метанолу, етиленгліколю при їх зберіганні, потрапляють в атмосферне повітря через дихальні клапани резервуарів.

Неорганізованими джерелами викиду є:

- дефлектор механічної майстерні,
- дефлектор слюсарної майстерні,
- заправні колонки з бензином і дизпаливом, зварювальний пост на вулиці та відкрита автостоянка.

Транспортування газу магістральними газопроводами на території КС та в цехах спричиняє шумове забруднення внаслідок роботи енергетичного обладнання, що негативно впливає на обслуговувальний персонал.

Тривала дія шуму негативно впливає на стан нервової системи працюючих. Дослідження рівнів шуму показали, що джерелами шумового забруднення є камера забору повітря та процес всмоктування газотурбінної установки з рівнем звукової потужності 100 ... 115 дБ, шахта вихлопу 100 ... 140 дБ, технологічна обв'язка трубопроводів 100 ... 120 дБ, а приміщення машинного залу ГПУ – 115... 130 дБ.

Проаналізовані рівні шумового забруднення на різних ділянках території КС газопроводу дозволили сформулювати напрямки досліджень для

боротьби з шумом на базі сучасних методів моделювання технологічних режимів роботи обладнання із залученням засобів обчислювальної техніки.

Всього із джерел викиду на промайданчику КС Барського ЛВУМГ в атмосферне повітря потрапляє 22 інградієнти забруднювальних речовин. Фонова концентрація – це концентрація наявних у повітрі, воді чи ґрунті шкідливих домішок на певний час на певній території.

За результатами розрахунків визначають величини фонових концентрацій забруднювальних речовин. Існуючі газоочисні установки дозволяють знешкоджувати технологічні та вентиляційні викиди без, або з подальшою утилізацією вловлених домішок. Для реалізації завдань захисту атмосфери від шкідливих викидів застосовують шість основних методів: абсорбція; адсорбція; хемосорбція; термічна нейтралізація; каталітичне знешкодження; хімічне знешкодження.[4]

За допомогою цих методів можна тільки частково зменшити концентрацію шкідливих речовин в атмосферному повітрі.

Тому вивчення основних джерел забруднення на Барському ЛВУМГ та методів і заходів захисту атмосфери має важливе значення.

## **2.5 Оцінка впливу основних джерел забруднення на навколишнє природне середовище**

Надзвичайно великий рівень забруднення навколишнього середовища спостерігається під час роботи КС, якщо виникають аварійні ситуації.

Під аварією на КС, ГРС мають на увазі аварію, що відповідає V – ій категорії аварійної відмови – розрив технологічного трубопроводу на повний перетин або руйнування посудини, апарата, елемента, ГПА, небезпечної речовини із запаленням або без запалення.[5]

Аварійні відмови на КС, ГРС можна умовно поділити на 6 категорій:

5 – аварія з високим матеріальним збитком і екстреною зупинкою КЦ, КС, ГРС;

4 – аварійна зупинка КЦ (КС), ГРС;

3 – позапланова зупинка КЦ (КС), ГРС для усунення дефектів;

2 – зупинка ГПА;

1– дефект, який усувають під час планової зупинки цеху або агрегату;

0 – дефект, що не впливає на роботу й перебуває під контролем.

Дані про пожежі та аварії на об'єктах транспортування газу є обмеженими внаслідок того, що ці об'єкти мають стратегічне значення й інформація про надзвичайні ситуації на них не розповсюджують.

Середньорічний рівень аварійності складає 50 – 60 неполадок на рік. Для локалізації та попередження аварійних ситуацій на КС та встановлення обов'язків працівників при виникненні аварійних ситуацій необхідні знання особливостей технологічних процесів.

Під час експлуатації можуть виникнути умови, які викликають нестабільну роботу агрегатів. За дослідженнями Мікаеляна Є. А. основними причинами нестабільної роботи газотурбінних газоперекачувальних агрегатів КС є: – граничні межі роботи агрегатів, утворення автоколивань у проточній частині (флатер), перевищення допустимих значень механічних параметрів: у з'єднаннях між рухомими та нерухомими частинами вузлів агрегатів: підшипниках, ущільненнях та ін.;

На КС основними причинами відмов і факторами, що сприяють їхньому виникненню, є (у порядку зменшення): підвищена вібрація трубопроводів, а також осідання трубопроводів і опор; дефекти виготовлення устаткування (у першу чергу фасонних частин і арматури); брак будівельно-монтажних робіт; корозія й зношування.

Пожежна небезпека різних ГПА неоднакова. Найбільшою

пожежною небезпекою характеризуються ГПА з газотурбінним приводом. Менш пожежонебезпечними є ГПА з газомоторним та електроприводами, причинами виникнення відмов на яких є:

- наявність місць з ускладненою технологією виготовлення і проведення будівельно-монтажних робіт;
- погіршеного контролю якості зварних швів з підвищеною концентрацією напруги;
- велика кількість переходів трубопроводів з підземного положення в надземне, що є місцями підвищеної корозійної активності та концентрації напруги;
- складне просторове прокладання надземних трубопроводів обв'язки компресорних агрегатів з великою кількістю жорстких і ковзаючих опор, в поєднанні зі значними змінними температурними та газодинамічними (вібраційними) навантаженнями з боку нагнітача.

Для аналізу аварійності КС необхідно виявити елементи технологічного устаткування, які найбільш схильні до відмов.

Найбільш тяжкі наслідки пов'язані із руйнуванням елементів компресорних установок і наступним витіканням газу.

Безпосередніми причинами відмов і вибухів компресорних установок, як показує практика, можуть бути:

- надмірне підвищення температури стиснутого повітря та
- перегрівання частин компресорної установки;
- вологість засмоктаного газу;
- розряди статичної електрики;
- швидке підвищення тиску газу в компресорній установці вище від допустимого;
- неправильний монтаж компресорної установки;
- неправильна експлуатація компресорної установки і незадовільний

догляд за нею.

Відповідно до того принципу, що і для усього комплексу устаткування і агрегатів КС, виконано статистичний аналіз основних причин відмов технологічних трубопроводів зображено на рис 2.5.

Як бачимо з рис 2.5, найбільша кількість аварій (37 %) припадає на підземні трубопроводи, зокрема на трубопроводи обв'язки. [5]



Рис 2.5 – Розподіл дефектів вузлів технологічного обладнання за даними джерела [5]

Найбільш потенційно небезпечним елементом на КС є технологічна обвязка ГПА, яка являє собою складну просторово – стрижневу конструкцію з

багаторазовими вигинами й великою кількістю твердих і ковзаючих опор, що зазнає змінних навантажень з боку нагнітача.

Просторві вигини труб на територіях КС є також на численних переходах надземних ділянок у підземні.



Рис 2.6. Основні причини відмов технологічних трубопроводів за даними джерела [5]

Як показано на рис 2.6, більшість відмов, пов'язаних з розгерметезацією трубопроводів-гітар на КС, відбуваються в результаті підвищеної вібрації. Джерелом виникнення вібрації трубопроводів є вимушені коливання, що виникають внаслідок пульсації потоку робочого середовища, а також механічної дії на конструкцію від вібрації компресорів.



Основною причиною виникнення вібрацій більшість фахівців на сьогодні вважають наявність нерівноважених сил інерції вхідних і обертально-рухомих мас.

Основними чинниками, що спричиняють руйнування газопроводів, є поверхневі ушкодження і дефекти, запобігти яким неможливо в повному обсязі.

Причини виникнення дефектів можна класифікувати на:

- експлуатаційні:
- корозійні (загальна корозія - втрата металу до 80 % від товщини стінки труби);
- стрес-корозійні;
- механічні ушкодження.
- будівельні:
- дефекти поверхні (подряпина, задир та ін.);
- дефекти зварних швів;
- дефекти геометрії (кривизна труб і овальність).
- металургійні (наприклад, розшарування).

Найбільш небезпечний сценарій небезпек, пов'язаний із займанням газу у разі виникнення іскр у момент розриву або протягом декількох перших секунд (затримка загорання може складати від декількох десятих секунди до декількох секунд). Тобто відбувається займання газоповітряного потоку (з концентрацією 5 – 15 %) з дуже високою мірою турбулізації і неоднорідною структурою.

Зовнішніми фізичними наслідками, що спричинені аварійними розривами газопроводів, є: утворення первинної ударної хвилі стискування внаслідок розширення в атмосфері природного газу, викинутого з об'єму «миттєво» зруйнованої частини трубопроводу, а також вторинних хвиль стискування, які утворюються при займанні газового «шлейфу» і розширенні

продуктів горіння; утворення і розлітання уламків (фрагментів) зруйнованої ділянки трубопроводу; термічна дія пожежі на людину і довкілля при займанні витікаючого газу; токсична дія транспортованих складових продукту на живі організми.

КС є найнебезпечнішою складовою газотранспортних підприємств. Водночас на КС основний ризик виникнення вибухів і пожеж пов'язаний з експлуатацією ГПА.

Небезпека виникнення пожеж на КС визначається, передусім, фізико – хімічними властивостями природного газу, який за недотримання певних вимог безпеки вибухає, запалюється і призводить до техногенної аварії, пов'язаної з поширенням пожежі. Як показує статистика і досвід експлуатації КС, серед основних причин виникнення пожеж на КС можна виділити:

- займання масла в компресорному цеху під час розриву маслопроводів і його потрапляння на гарячі поверхні газоперекачувального агрегату;
- руйнування обв'язувальних газопроводів компресорного цеху;
- потрапляння сторонніх предметів у порожнину нагнітача;
- потрапляння займистих речовин через нещільність у запірній арматурі;
- порушення технологічного процесу, недотримання правил пожежної безпеки обслуговувальним або експлуатаційним персоналом (людський чинник).

При експлуатації КС може статися вибух, основними причинами якого є: неправильний монтаж, незадовільне обслуговування і експлуатація; перегрівання стінок компресора внаслідок значного підвищення температури стисненого повітря; порушення роботи системи змащування, низька якість мастильних речовин, загорання і вибух парів змащувальних речовин,

самоспалахування газоповітряної суміші; перевищення допустимого тиску; засмоктування забрудненого повітря; накопичення нагару, відкладання оксидів заліза на холодних частинах системи; несправність контрольного манометра, запобіжних клапанів та інших приладів безпеки; виникнення зарядів статичного струму на корпусі при інтенсивному витрачанні стисненого повітря. [5]

Найбільш поширеною причиною відмов компресорів є підвищення розрахункового тиску і температури, що призводить до зміни структури металу, порушення його механічної цілісності, а відтак і до вибуху. Наприклад, 11 липня 2012 у Краснодонській дотискній КС в селі Копанка Балаклеєвського району Харківської області стався вибух на газокомпресорній станції. Аварія сталася, коли газівники почали планові роботи з обслуговування агрегату (при введенні машини в робочий режим після ремонту). Виник несанкціонований непередбачуваний витік газу в одному з циліндрів компресорного агрегату номер два цеху першого ступеня, після чого стався вибух.

Можливі варіанти виникнення відмов на КС представлені у таблиці 2.1. Причини аварійних відмов устаткування на ГРС майже такі самі, як і на КС.

Розгерметизація устаткування усередині приміщень блока редукування й обліку витрати газу може призвести до їхньої загазованості й до вибуху газу усередині цих приміщень.

Таблиця 2.1 – Типові аварійні ситуації на компресорних станціях

Опис ситуації	Спосіб виявлення	Можливі причини
1	2	3
1. Різде падіння тиску на вході в КС.	1. За показами приладів, установлених на КС і щитах керування ГПА. 2. За змінами рівня звуку	1. Розрив лінійної частини газопроводу до крана. 2. Мимовільне закриття охоронного крана або

	працюючих ГПА.	лінійного крана.
2. Різке падіння тиску на вході в КС.	1. За показами приладів, установлених на КС і щитах керування ГПА. 2. За змінами рівня звуку працюючих ГПА.	Розрив лінійної частини газопроводу до крана.
3. Розрив газопроводу й витікання газу на території КС.	1. За характерним звуком витікання газу. 2. За показниками приладів.	Ушкодження газопроводу.
4. Пожежа на технологічних установках і на комунікаціях КС.	1. Візуально. 2. спрацювання системи сигналізації про пожежу.	1. Розрив газопроводу з іскроутворенням. 2. Витік газу з проникненням у щит місцевого керування установками. 3. несправність електропроводки. 4. Замикання з іскроутворенням.
5. Пожежа у відсіках ГПА блокового виконання.	1. спрацювання захистів. 2. Візуально.	1. Витік газу у відсіках ГТУ й нагнітача з наявністю іскроутворення. 2. Потрапляння газу у відсік блока автоматики при вскроутворенні. 3. Потрапляння масла на гарячу поверхню ГТУ, викидну шахту. 4. Наявність конденсату.
6. Пожежа в машиному вузлі.	1. спрацювання сигнальних табло. 2. Візуально.	1. Наявність витоків масла або парів масла на гарячих поверхнях ГТУ. 2. Наявність витоків газу з іскроутворенням. 3. Коротке замикання в системі електропостачання й системі автоматичного управління.
1	2	3
7. Пожежа у відсіку нагнітача	1. спрацювання сигнальних табло. 2. Візуально.	1. Відмова системи ущільнення масло-газ. 2. Руїнування деталей і вузлів нагнітача з іскроутворенням за наявності газу або парів масла.

Продовження табл. 2.1.		
8. Розрив мастилопроводів, витік масла на ГПА	1. Візуально. 2. Спрацювання захисту Щодо падіння тиску масла або температури підшипників.	Розрив мастилопроводів, нещільність фланцевих і муфтових з'єднань.
9. Розрив трубних провідок і витік газу на ГПА.	1. Спрацювання захисту щодо загазованості. 2. За показниками переносних газоаналізаторів.	Нещільність фланцевих і муфтових з'єднань, ушкодження або розрив трубних провідок.

У роботах розглянуто причини виникнення аварійних ситуацій на об'єктах транспортування газу та їх наслідки для навколишнього середовища.

## 2.6 Висновки по розділу 2.

Виконано аналіз виробничої діяльності Барського ЛВУМГ та його впливу на навколишнє природне середовище.

Виявлено, що бізнес-процес БЛВУМГ – це надання послуг з безперебійного транзиту природного газу згідно плану магістральними газопроводами, транспортування природного газу, в обумовлених обсягах у загальному потоці газу до ГРС та передача його газорозподільчим організаціям ВАТ «Віницязгаз», ВАТ «Хмельницькгаз», ВАТ «Тернопільгаз», шляхом цілодобового оперативного керівництва змінним персоналом, який зайнятий експлуатацією та обслуговуванням технологічного обладнання компресорної станції, яка призначена для стиснення та переміщення природного газу по магістральному газопроводу Уренгой-Помари-Ужгород.

Встановлено, що газоподібні викиди, скиди стічних вод та тверді й рідкі відходи, джерелами яких є вказане підприємство, за своїми екологічними показниками повністю відповідають діючим нормативам. Проте також виявлено, що у технологічному процесі наявна значна кількість nerecuperovanoї теплової енергії.

## **3 ПОБУДОВА, АНАЛІЗ ТА ОПИСАННЯ СХЕМИ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ДЛЯ БАРСЬКО ЛВУМГ**

### **3.1 Прийом та збільшення тиску газу в газопроводі**

Природний газ із магістрального газопровода поступає в мотор компресор.

Компресори – це машини, що призначені для виробництва стиснутого газу та переміщення його до споживачів по трубопровідним системам. Також їх використовують для відсмоктування газу із ємностей з метою створення там вакууму:

Незалежно від типу та принципу дії компресори характеризують такими основними параметрами:

- абсолютним тиском усмоктування;
- абсолютним тиском нагнітання;
- ступенем підвищення тиску (с.п.т.), що являє собою відношення кінце вого тиску газу до початкового;
- подачею; – потужністю на валу;
- коефіцієнтом корисної дії.

Характерною особливістю компресорів є також те, що їхня енергетична досконалість не може бути оцінена коефіцієнтом корисної дії в звичайному розумінні цього терміна – як відношення корисної роботи до витраченої.

Це пояснюється тим, що потужність, яка підводиться до вала компресора, витрачається не лише на збільшення питомої механічної енергії газу. Частина її перетворюється в тепло, яке відводиться від стискуваного газу. Причому, чим більша частка споживаної потужності відводиться у вигляді тепла, тим меншою є загальна потужність, що витрачається на привід

компресора. Через це неможливо виділити в загальній потужності на валу компресора її корисну частину. Таке положення є наслідком енергетичної нерівноцінності тепла і механічної енергії, що встановлюється другим законом термодинаміки. Енергетичну досконалість компресорів оцінюють зазвичай індикаторними коефіцієнтами, які показують ступінь наближення реального процесу стискання газу в компресорі до можливого теоретичного.

Поршневий компресор складається із циліндра, у якому зворотно-поступально переміщується поршень, що отримує рух від вала привідного двигуна через кривошипно-шатунну передачу. Ця передача складається із штока, повзуна, шатуна, кривошипа. У кришці циліндра розміщуються всмоктувальний та нагнітальний клапани, через які внутрішній простір циліндра сполучається відповідно із всмоктувальним та нагнітальним патрубками.

У компресорі використовують самодіючі клапани, які переключаються під дією перепаду тиску, що виникає на їхньому запірному елементі при роботі машини.

Такі клапани обумовлюють автоматичний газорозподіл у поршневому компресорі та високу економічність цієї машини.

При переміщуванні поршня з лівого крайнього положення управо внаслідок збільшення об'єму робочої камери, обмеженої кришкою циліндра та днищем поршня, тиск у ній падає до величини меншої ніж тиск у всмоктувальному патрубку, що призводить до відкриття всмоктувального клапана і надходження у вивільнюваний простір циліндра газу з усмоктувального трубопроводу. Усмоктування газу відбувається доти, поки поршень не дійде до крайнього правого положення і на мить не зупиниться. Відразу після початку зворотного ходу поршня тиск у робочій камері вирівнюється з тиском у всмоктувальному патрубку і клапан закривається.

При подальшому русі поршня справа наліво зменшується об'єм

робочої камери і відбувається стискання газу, що знаходиться там. Коли тиск стиснутого газу стане трохи більшим, ніж тиск у нагнітальному патрубку, нагнітальний клапан відкриється, і стиснутий газ буде виштовхуватися із циліндра в нагнітальний трубопровід.

Характерною для поршневого компресора є відсутність фіксованого положення поршня для моменту відкривання нагнітального клапана – місцезнаходження поршня в цей момент може бути різним і визначається воно лише співвідношенням тисків у циліндрі та нагнітальному патрубку компресора. Виштовхування газу із циліндра закінчується в момент миттєвої зупинки поршня в крайньому лівому положенні. У наступному циклі описані процеси повторюються.

Для приклада розглянемо схему такого мотор компресора зображено на рис 3.1.



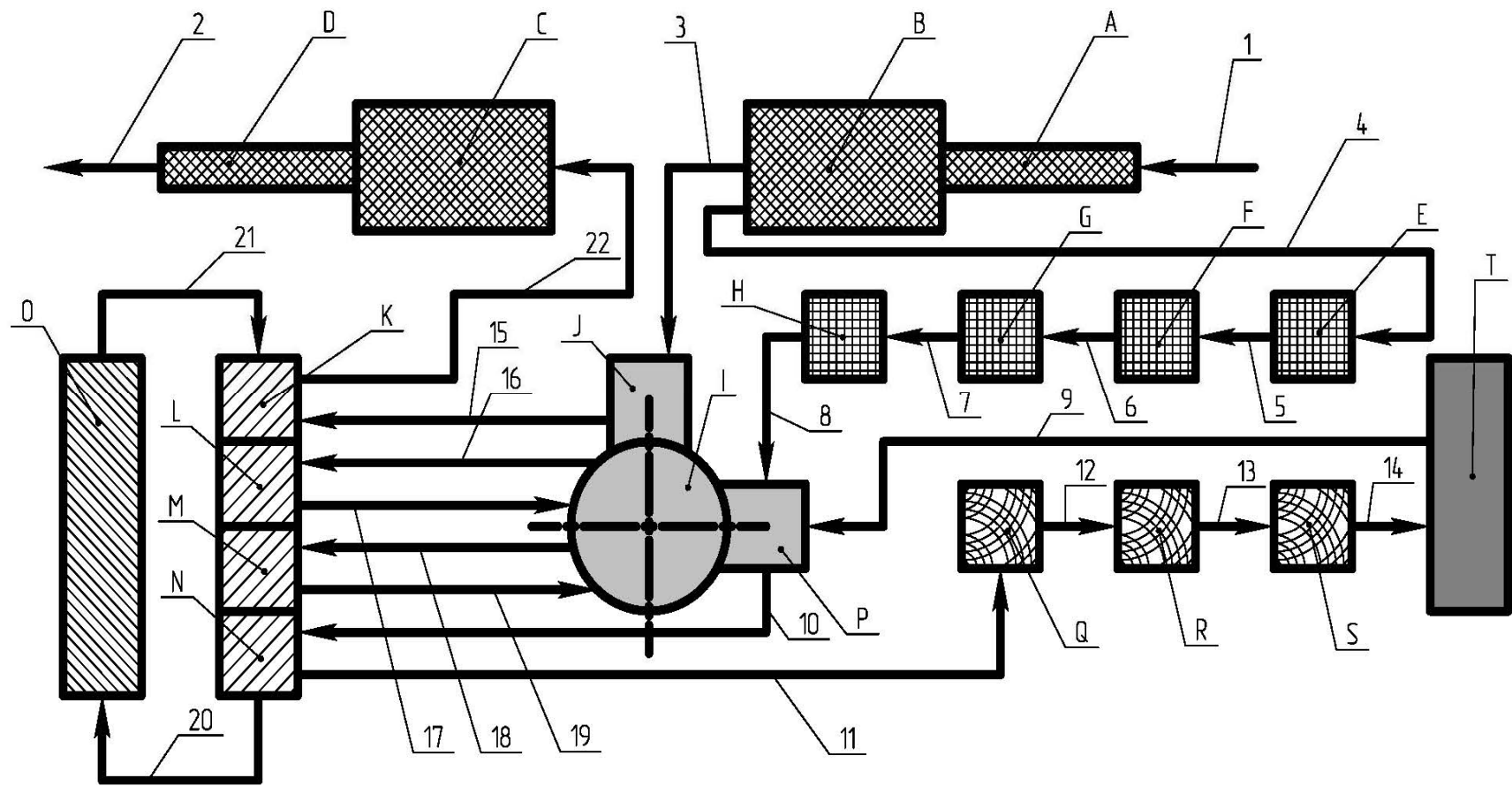


Рис. 3.1 – Схема технології захисту навколишнього середовища.

## Об'єкти:

A – природний газ зниженого тиску; B – резервуар низького тиску; C – резервуар високого тиску;  
D – природний газ підвищеного тиску; E – редуктор тиску газу; F – газовий фільтр; G – осушувач газу;  
H – вимірювач витрати газу; I – мотор-компресор; J – компресорний ряд циліндрів; K – холодильник стиснутого газу; L – холодильник охолоджувальної рідини мотор-компресора; M – холодильник моторної оливи; N – холодильник відпрацьованих газів; O – споживач теплової енергії; P – моторний ряд циліндрів;  
Q – фільтр твердих частинок; R – каталітичний нейтралізатор продуктів неповного згоряння палива;  
S – каталітичний поглинач оксидів азоту; T – атмосфера;

## Речовини:

1, 3, 4 – природний газ низького тиску; 2 – природний газ високого тиску; 5 – природний газ; 6 – паливний природний газ; 7 – очищений від твердих домішок природний газ; 8 – очищений від конденсованої води природний газ; 9 – повітря; 10 – відпрацьовані гази; 11 – охолоджені ВГ; 12 – очищені від ТЧ ВГ; 13 – очищені від ПНЗП ВГ; 14 – очищені від оксидів азоту ВГ; 15 – стиснутий природний газ; 16 – нагріта охолоджувальна рідина; 17 – охолоджена охолоджувальна рідина; 18 – нагріта моторна олива; 19 – охолоджена моторна олива; 20 – нагрітий теплоносій; 21 – охолоджений теплоносій; 22 – охолоджений природний газ високого тиску.

### **3.2 Опис технології стискання природного газу**

Природний газ низького тиску поступає в резервуар далі в редуктор, після чого проходить ряд процесів, а саме: газовий фільтр, потім газ потрапляє в осушувач газу, очищається від твердих домішок, далі потрапляє в вимірювач природного газу та очищається від конденсованої води та потрапляє в моторкомпресор.

В моторкомпресорі є ряд циліндрів де і відбувається стискання газу.

Після чого стиснутий та нагрітий газ потрапляє в холодильник газу. Даний мотор компресор так як і будь – який інший двигун внутрішнього згорання при роботі нагрівається до високої температури, щоб уникнути перегрівання двигуна він облаштований наступними охолоджувальними системами.

- холодильник охолоджувальної рідини мотор компресора;
- холодильник моторної оливи;
- холодильник відпрацьованих газів.

Нагріті рідини сполучаються із споживачем теплової енергії, яку в подальшому використовують для потреб працівників підприємства.

Зжатиий та охолоджений газ потрапляє до резервуару високого тиску, та транспортується до споживача, чи іншої компресорної станції.

Відпрацьовані та охолодженні вихлопні гази, проходять через фільтр твердих часток, та попадають в каталітичний нейтралізатор продуктів неповного згорання палива, потім в поглинач оксидів азоту.

Очищені від оксидів азоту вихлопні гази потрапляють в атмосферу.

### **3.3 Висновки по розділу 3.**

Здійснено побудову, аналіз та описання схеми технології захисту навколишнього середовища для Барського ЛВУМГ за вдосконаленим підходом.

Запропонована схема передбачає відбір транспортованого

природного газу з резервуару низького тиску, стискування його у компресорній секції поршневого мотор-компресора, охолодження та подачу в резервуару високого тиску. Живлення двигунової секції поршневого мотор-компресора відбувається від самого транспортованого газу з резервуару низького тиску крізь редуктор тиску, очисні пристрої від крапель конденсованої водяної пари й твердих домішок. Утворені при роботі мотор-компресора відпрацьовані гази викидаються до атмосфери крізь 3-компонентну систему нейтралізації законодавчо нормованих колютантів. Теплова енергія від охолоджувальної рідини, моторної оливи і відпрацьованих газів мотор-компресора та стиснутого транспортованого природного газу рекуперується у секційному теплообмінному апараті шляхом передачі її хладагенту та утилізації його теплової енергії для власних потреб підприємства.

## 4. ВИБІР КОНСТРУКЦІЇ ТА РОЗРАХУНОК РЕКУПЕРАТИВНОГО ТЕПЛООБМІННОГО АПАРАТУ ДЛЯ УТИЛІЗАЦІЇ ПОБІЧНОЇ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ

### 4.1 Кожухотрубний теплообмінний апарат

Принципова схема кожухотрубного теплообмінного апарату представлена на рис.4.1, 4.2.

Кожухотрубний теплообмінник є апаратом, виконаним із пучків труб 2, зібраних за допомогою трубних ґрат (дощечок) 3, і обмежений кожухом 1. Один теплоносій, що поступає через патрубки 7 і 8, протікає через трубки, інший теплоносій, що входить і виходить через патрубки 9 і 10, протікає в міжтрубному просторі пучка труб.

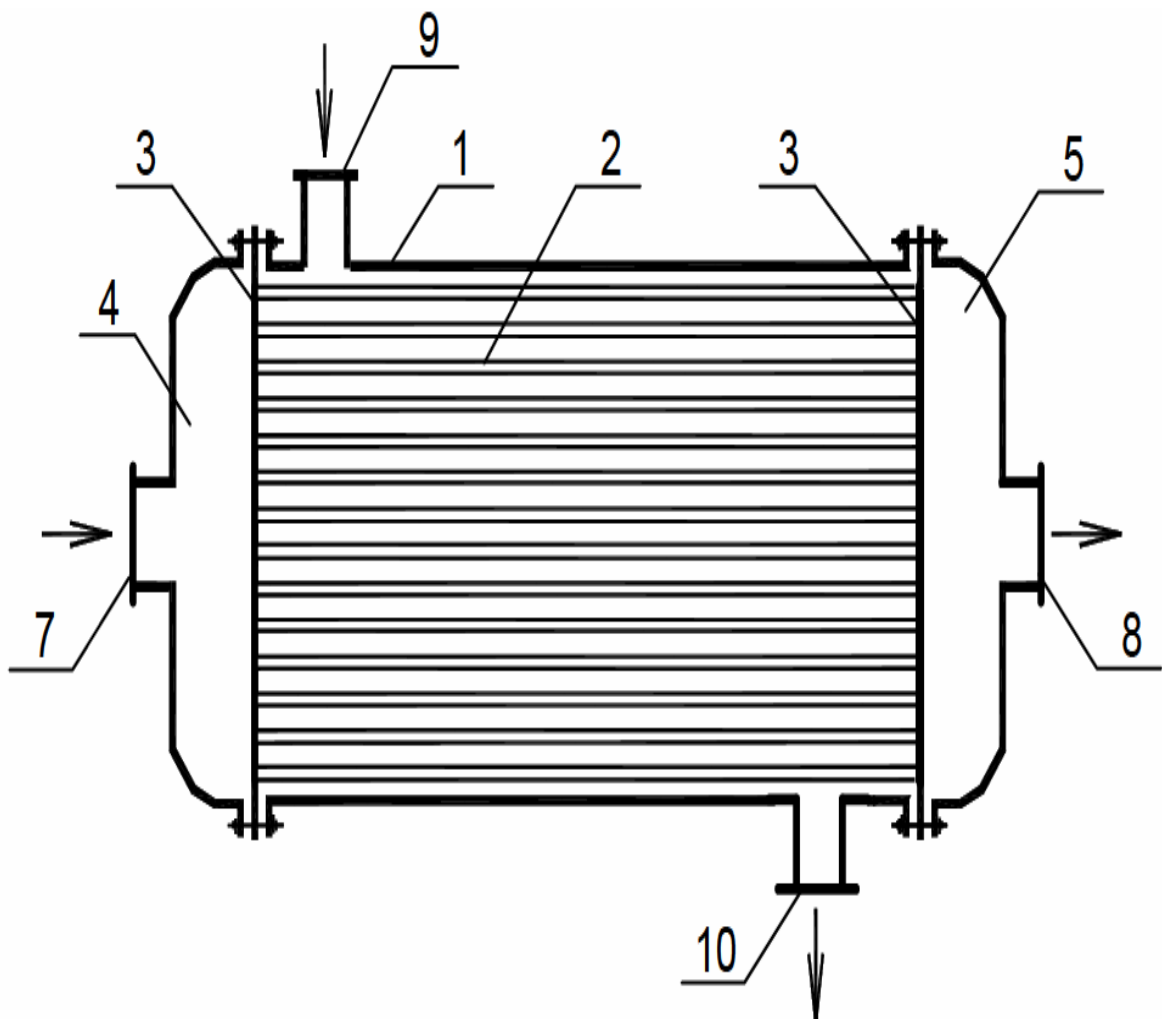


Рис 4.1 – Теплообмінник одноходовий ( $Z=1$ )

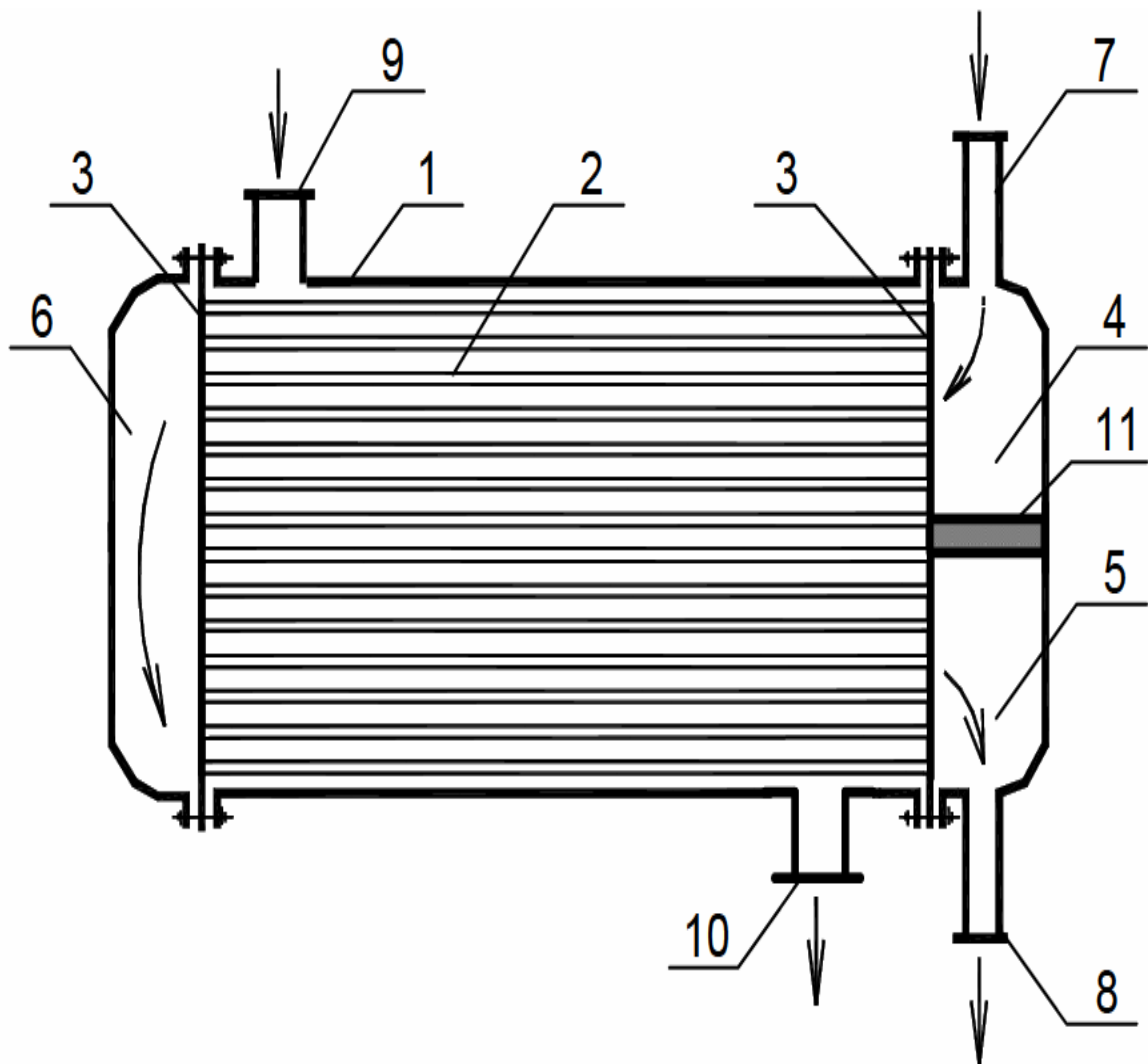


Рис 4.2 – Теплообмінник двооходовий ( $Z=2$ ).

Принципова схема кожухотрубного теплообмінного апарату:

1 – кожух; 2 – трубки; 3 – трубні ґрати; 4 – вхідна розподільна камера;  
5 – вихідна камера; 6 – поворотна камера; 7,8,9,10 – патрубки для входу і виходу теплоносіїв; 11 – перегородка.[6]

Трубки в трубній решітці розташовуються або по шестикутниках (рис. 4.2 – одноходовий), або по концентричних колах (рис 4.2 двооходовий). Кожухотрубні апарати встановлюють вертикально або горизонтально.

Залежно від організації руху теплоносія в трубках кожухотрубні теплообмінні апарати поділяються на одноходові (рис 4.1 – одноходовий) і багатоходові (рис 4.2 – двооходовий).

Багатоходові теплообмінні апарати застосовують для збільшення

швидкості руху теплоносія в середині трубок.

Якщо швидкість руху теплоносія в трубках менше гранично допустимого значення ( $W_{\text{жид}}^{\text{дон}} = 0,5 \text{ м/с}$  і  $W_{\text{газ}}^{\text{дон}} = 5 \text{ м/с}$ ), то в цьому випадку встановлюють перегородки 11, що розділяють трубний простір на  $Z$  ходів. Швидкість руху теплоносія в трубках збільшується за рахунок зменшення площі поперечного перерізу для прохода теплоносія.

Наприклад на рис. 4.2 – двоходовий показана схема двоходового теплообмінника ( $Z = 2$ ). Теплоносій розділений перегородкою 11, спочатку проходить по верхній половині трубок вліво, а потім по нижній половині вправо.

На рис.4.2. штрихованою лінією показано розташування перегородок для двоходового  $Z = 2$  (рис 4.2 – двоходовий) Із малюнку видно, що трубки, закриті перегородками, з розрахунку потрібно виключити.

Площа поперечного перетину для прохода теплоносія розраховують за формулами:

– в трубках

$$F = \frac{\pi d_{\text{вн}}^2}{4} n_1 \quad (4.1)$$

– В міжтрубному просторі

$$F = \frac{\pi D^2}{4} - n \frac{\pi d_{\text{нар}}^2}{4}, \quad (4.2)$$

де  $n_1 = n/Z$  – число трубок в одному ході;  $n$  – загальна кількість трубок;  
 $Z$  – число ходів.

Внутрішній діаметер корпусу  $D$  визначають за формулою

$$D = (n_d - 1) \cdot s + d_{\text{нар}} + 2 \cdot k, \quad (4.3)$$

де  $n_d$  – число труб в діагоналі;  $s$  – шаг труб, м;  $k$  – кільцевий зазор між крайніми трубами і корпусом, м.

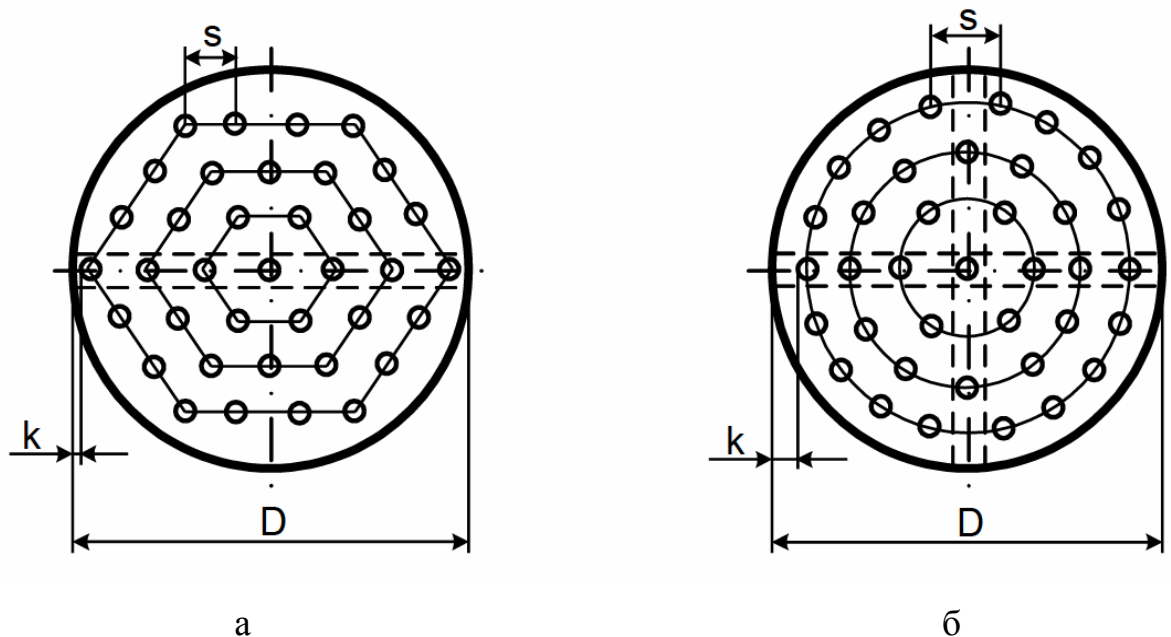


Рис. 4.3 – Міжтрубний простір.

Розташування трубок в трубних гратах кожухотрубного теплообмінного апарата: а – по шестикутниках; б – по концентричних колах.

Крок труб вибирають із співвідношення  $s = (1,3 \div 1,5) \cdot d_{\text{нар}}$ . Кільцевий проміжок між крайніми трубами і корпусом має бути не менше 6 мм ( $k \geq 6$  мм).

Число труб в діагоналі визначають конструктивно. Для цього в таблиці знаходять найближче більше значення  $n$  і визначають число труб в діагоналі  $n_d$ .

Схему розташування труб і перегородок креслять в масштабі на міліметровці. При цьому для багатогодового теплообмінника із загального числа трубок  $n$  необхідно відняти трубки, перекриті перегородками



(рис. 4.1). Площу поверхні теплообміну кожухотрубного теплообмінного апарату розраховують по формулі:

$$F_{\text{дейст}} = \pi \cdot d^* \cdot l \cdot n. \quad (4.4)$$

Якщо коефіцієнти тепловіддачі розрізняються на порядок, то в якості розрахункового діаметру  $d^*$  приймають діаметр труби з боку меншого з  $\alpha_1$  і  $\alpha_2$ , в іншому випадку  $d^* = 0,5 \cdot (d_{\text{вн}} + d_{\text{нар}})$ . [6]

#### 4.2 Приклад розрахунку кожухотрубного теплообмінного апарату

Визначимо кількість трубок  $n$  горизонтального кожухотрубного конденсатора, число ходів по нагріваємій воді  $Z$  і температуру води, що нагрівається, на виході з теплообмінника  $T_2''$ , якщо швидкість руху води в трубках  $w_2 = 3$  м/с. Зовнішній діаметр трубок  $d_{\text{нар}} = 20$  мм, внутрішній  $d_{\text{вн}} = 16$  мм. Довжина труб  $l = 1,8$  м, матеріал – вуглицева сталь 20 мм. Внутрішній діаметр корпусу  $D = 0,64$  м. Температура води на вході в теплообмінник  $T_2' = 30$  °С. Суха насичена водяна пара при тиску  $p = 1,43$  бар подається в міжтрубний простір. Конденсат видаляється при температурі насичення.

Встановимо тип розрахунку – тепловий перевіірочний з елементами конструктивного розрахунку.

Визначимо кількості трубок  $n$  і числа ходів по воді  $Z$

Конструкція, принцип дії і алгоритм розрахунку кожухотрубного теплообмінного апарату описані в розділі 2.1 навчального посібника. [6]

Загальну кількість трубок визначимо по таблиці. 4.1. Для цього з формули знайдемо кількість труб в діагоналі –  $n_d$ :

$$n_d = \frac{D - d_{\text{нар}} - 2 \cdot k}{s} + 1. \quad (4.5)$$

Кільцевий проміжок між крайніми трубами і корпусом теплообмінника прийmemo  $k = 6$  мм, а крок труб  $s = 1,5 \cdot d_{\text{нар}}$ .

Получим кількість труб в діагоналі:

$$n_d = \frac{D - d_{\text{нар}} - 2 \cdot k}{s} + 1 = \frac{0,64 - 0,02 - 2 \cdot 0,006}{1,5 \cdot 0,02} + 1 = 21,3 \quad (4.6)$$

У таблиці 4.1 вибираємо найближче менше значення  $n_d = 21$ . Приймаємо розбиття по колах. Тоді загальна кількість трубок буде рівна  $n = 341$ , число кіл – 10, число труб по зовнішньому колу – 60. Помітимо, що якщо отримане значення  $n_d$  округлити у велику сторону, то внутрішній діаметр корпусу необхідно буде перерахувати по формулі. Приймаємо число ходів по воді  $Z = 1$ , оскільки швидкість руху води в трубках лежить в рекомендованому інтервалі швидкостей:[6]

$$W_2 = W_{\text{жид}}^{\text{дон}} = 3 \text{ м/с}. \quad (4.7)$$

Виконаємо тепловий перевірочний розрахунок.

Перевірочний розрахунок виконують для конкретного теплообмінника, розміри якого задані. Розрахунок ведуть методом послідовних наближень по одному з алгоритмів, описаних в розділі 3.1 навчального посібника. Для розрахунку скористаємося алгоритмом, ґрунтованим на поняті ефективність теплообмінного апарату.

Виконаємо розрахунок у першому наближенні  $T_2'' = 30$  С.

У першому наближенні приймаємо температуру холодного теплоносія на виході з теплообмінника  $T_2'' = 30^\circ\text{С}$ .

Тоді середня температура води рівна:

$$T_2 = \frac{T_2' + T_2''}{2} = \frac{30 + 30}{2} = 30^\circ \text{C} \quad (4.8)$$

Температура гарячого теплоносія на вході і на виході дорівнює температурі насичення при заданому тискові, оскільки відбувається конденсація водяної пари, а конденсат видаляється при температурі насичення, при  $p = 1,43$  бар знаходимо

$$T_1' = T_1'' = T_1 = T_n = 110^\circ \text{C}. \quad (4.9)$$

Визначаємо коефіцієнти тепловіддачі  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  і коефіцієнт теплопередачі  $k$ .

Основна складність визначення коефіцієнтів теплопередачі  $\alpha_1$  і  $\alpha_2$  полягає в тому, що в критерійні формули входять величини, залежні від температур зовнішньої та внутрішньої поверхонь стінок  $T_{w1}$  і  $T_{w2}$ , тому розрахунок ведуть методом послідовних наближень по одному з алгоритмів, описаних в джерелі [6]

Виконаємо розрахунок по другому алгоритму. Для цього:

– Задаємо коефіцієнти тепловіддачі  $\alpha_1$  і  $\alpha_2$ , використовуючи рекомендації, приведені в розділі 1.5.

Прийmemo для плівкової конденсації водяної пари  $\alpha_1 = 10000$  Вт/(м<sup>2</sup>К), а для нагріву води  $\alpha_2 = 1000$  Вт/(м<sup>2</sup>К).

– В першому наближенні коефіцієнт теплопередачі матеріалу трубок – вуглецевої сталі 20, знайдемо з таблиці. 1.11 [6]

$\lambda_w = 51,3$  Вт/ (м·К) при середній температурі гарячого і холодного теплоносіїв

$$(T_1 + T_2)/2 = (110 + 30)/2 = 70^\circ \text{C}. \quad (4.10)$$

Товщина стінки труби рівна:

$$\delta = 0,5 \cdot (d_{\text{нар}} - d_{\text{вн}}) = 0,5 \cdot (0,02 - 0,016) = 0,002 \text{ м.} \quad (4.11)$$

– Знаходимо температури стінок  $T_{w1}$  і  $T_{w2}$ :

$$T_{w1} = T_1 - \frac{T_1 - T_2}{R_{t,1} + R_{t,2} + R_{t,3}} \cdot R_{t,1} = 110 - \frac{110 - 30}{1/10000 + 0,002/51,34 + 1/1000} \cdot \frac{1}{100} = 103^\circ\text{C} \quad (4.9)$$

$$T_{w2} = T_{w1} - (T_1 - T_{w1}) \frac{R_{t,2}}{R_{t,1}} = 103 - (110 - 103) \frac{0,002 \cdot 10000}{51,34} = 100,2^\circ\text{C} \quad (4.12)$$

По критерійних рівняннях визначаємо коефіцієнт тепловіддачі з боку гарячого і холодного теплоносіїв  $\alpha_1$  і  $\alpha_2$ . Коефіцієнт тепловіддачі при конденсації водяної пари на горизонтальній поверхні  $\alpha_1$  знайдемо за формулою  $T_1 = T_H = 110^\circ\text{C}$  знаходимо приховану теплоту пароутворення  $r = 2230 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг}$

При  $T_1 = T_H = 110^\circ\text{C}$  знаходимо фізичні властивості конденсатної плівки :  $\rho_{пл} = 951 \text{ кг/м}^3$ ;

$$\lambda_{пл} = 0,685 \text{ Вт/(мК)}; \mu_{пл} = 259 \cdot 10^{-6} \text{ Па}\cdot\text{с}; \sigma_{пл} = 569 \cdot 10^{-4} \text{ Н/м.} \quad (4.13)$$

Для горизонтальної труби перевіряємо виконання умови (4.14)

$$20 \cdot \left( \frac{\sigma_{пл}}{g \cdot \rho_{пл}} \right)^{0,5} = 20 \cdot \left( \frac{569 \cdot 10^{-4}}{9,81 \cdot 951} \right)^{0,5} = 0,049 \text{ м.} \quad (4.14)$$

Отримуємо, що умова (1.50) [Тепловой расчет рекуперативного теплообменного аппарата, Учебное пособие – Иваново, 2014. ст. 24] виконується ( $d_{нар} < 0,049$  м), тому режим течії плівки ламінарний.

Розраховуємо коефіцієнт тепловіддачі  $\alpha_1$  за формулою (1.49) [6]

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= 0,728 \cdot 4 \sqrt{\frac{g \cdot r + \rho_{пл}^2 \cdot \lambda_{нар}^3}{\mu_{пл} \cdot (T_H - T_{w1}) \cdot d_{нар}}} = \\ &= 0,7284 \sqrt{\frac{9,81 \cdot 2230 \cdot 10^3 \cdot 951^2 \cdot 0,685^3}{259 \cdot 10^{-6} \cdot (110 - 103) \cdot 0,02}} = 14898 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К}) \end{aligned} \quad (4.15)$$

Знаходимо коефіцієнт тепловіддачі при вимушеному русі води в прямих гладких трубах  $\alpha_2$ . [6]

При визначальній температурі  $T_0 = T_2 = 30$  °С знаходимо фізичні властивості води :  $\lambda = 0,618$  Вт/(мК);  $\nu = 0,805 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с;  $Pr = 5,42$ , а за таблицю 1.77 [6] при температурі стінки  $T_{w2} = 100,2$  °С -  $Pr_w = 1,75$ .

Далі розраховуємо критерій Рейнольдса і визначаємо режим течії.

$$Re = \frac{w_2 \cdot d_{вн}}{\nu} = \frac{3 \cdot 0,016}{0,805 \cdot 10^{-6}} = 59627 \geq 10^4 \quad (4.16)$$

Оскільки, критерій Рейнольдса більше 10000, то режим течії води турбулентний.

По критерійній формулі для турбулентного режиму течії в трубах і каналах розраховуємо безрозмірний коефіцієнт тепловіддачі

$$\overline{Nu} = 0,021 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr}{Pr_w}\right)^{0,25} = 0,021 \cdot 59627^{0,8} \cdot 5,42^{0,43} \cdot \left(\frac{5,42}{1,75}\right)^{0,25} = 381 \quad (4.17)$$

Знаходимо коефіцієнт тепловіддачі  $\alpha_2$  по формулі (1.31)

$$\alpha_2 = \frac{\overline{Nu} \cdot \lambda}{d_{\text{BH}}} = \frac{390 \cdot 0,618}{0,016} = 14716 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К}) \quad (4.18)$$

Розбіжність між прийнятим і отриманим значенням коефіцієнтів тепловіддачі складає:

$$\Delta_1 = \frac{|10000 - 14885|}{14885} \cdot 100\% = 32,8\%, \quad (4.19)$$

$$\Delta_2 = \frac{|10000 - 14716|}{14716} \cdot 100\% = 93,2\% \quad (4.20)$$

Оскільки розбіжність більше 5 %, таким чином, розрахунок повторюємо з пункту 2 для нових значень  $\alpha_1$  і  $\alpha_2$ . Наступні результати розрахунків в процесі ітерацій занесемо в таблицю (таблиця. 4.1).

Помітимо, що у формулі для розрахунку  $\alpha_1$  змінюється тільки температура стінки  $T_{w1}$ , а у формулах для розрахунку  $\alpha_2$  – критерій Прандтля  $Pr_w$ .

Із таблиці. 1.11 у джерелі [6] при середній температурі стінки

$$\overline{T_w} = (T_{w1} + T_{w2})/2 = (103 + 100,2)/2 = 101,6^\circ \text{C} \quad (4.21)$$

знайдемо коефіцієнт теплопровідності вуглецевої сталі 20  $\lambda_w = 51,1 \text{ Вт}/(\text{мК})$ .

Таблиця 4.1 – Результати розрахунку параметрів теплообміну

№ ітерації	0	1	2	3
$\lambda_w, \text{ Вт}/(\text{мК})$	-	51,34	51,1	51,34
Продовження таблиці 4.1				

$T_{w1}, ^\circ\text{C}$	-	102,976	79,160	73,538
$T_{w2}, ^\circ\text{C}$	-	100,24	61,193	58,932
$Pr_w$	-	1,75	2,91	2,96
$\alpha_1, \text{Вт}/(\text{м}^2\text{К})$	10000	14885	10283	9861
$\alpha_2, \text{Вт}/(\text{м}^2\text{К})$	1000	14716	12960	12904
$\Delta_1, \%$	-	32,8	30,9	4,1
$\Delta_1, \%$	-	93,2	11,9	0,42

В результаті виконання ітераційного процесу отримуємо  $\alpha_1 = 9861$  Вт/(м<sup>2</sup>·К),  $\alpha_2 = 12904$  Вт/(м<sup>2</sup>·К).

Відношення зовнішнього діаметру стінки труби до внутрішнього діаметру менше двох ( $d_{\text{нар}}/d_{\text{вн}} < 2$ ), тому коефіцієнт теплопередачі розраховуємо за формулою (4.22) для плоскої стінки. При цьому, термічним опором забруднень нехтуємо  $R_{\text{зар}} = 0$ . Отримуємо

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_2} + R_{\text{зар}}} = \frac{1}{\frac{1}{9861} + \frac{0,002}{51,4} + \frac{1}{12904}} = 4591,2 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad (4.22)$$

Температуру води на виході з теплообмінника  $T_2''$  знайдемо по формулі (4.41)

$$T_2'' = T_1 - (T_1 - T_2') \cdot e^{-\frac{k \cdot F}{w_2}} \quad (4.23)$$

При середній температурі холодного теплоносія  $T_2 = 30$  °С знаходимо щільність води  $\rho_2 = 995,7$  кг/м<sup>3</sup> і питому масову теплоємність  $c_{p2} = 4,174$  кДж/(кг·К).

При течії води в трубках площа поперечного перерізу розраховуємо по формулі (4.1)

$$f_2 = \frac{\pi d_{\text{вн}}^2}{4} + \frac{n}{Z} = \frac{3,14 \cdot 0,016^2}{4} + \frac{341}{1} = 0,0685 \text{ м}^2. \quad (4.24)$$

Витрату холодного теплоносія  $G_2$  знайдемо за рівнянням нерозривності:

$$G_2 = \rho_2 \cdot w_2 \cdot f_2 = 995,7 \cdot 3 \cdot 0,0685 = 204,62 \text{ кг/с}. \quad (4.25)$$

Площу поверхні теплообміну кожухотрубного теплообмінного апарату розрахуємо по формулі (4.4):

$$F_{\text{дейст}} = \pi \cdot d^* \cdot l \cdot n = 3,14 \cdot 0,5 \cdot (0,02 + 0,016) \cdot 1,8 \cdot 341 = 34,69 \text{ м}^2. \quad (4.26)$$

З урахуванням того, що  $\alpha_1$  і  $\alpha_2$  мають значення одного порядку за розрахунковий діаметр приймаємо середній діаметр труби  $d^* = 0,5 \cdot (d_{\text{вн}} + d_{\text{нар}})$ . Водяний еквівалент холодного теплоносія рівний:

$$W_2 = G_2 \cdot c_{p2} = 204,62 \cdot 4174 = 854084 \text{ Вт/К}. \quad (4.27)$$

Розраховуємо температуру води на виході з теплообмінника  $T_2''$ :

$$T_2'' = T_{-1} (T_1 - T_2') \cdot e^{-\frac{k \cdot F}{W_2}} = 110 - (110 - 30) \cdot e^{-\frac{459134,69}{854084}} = 43,6^\circ \text{C}. \quad (4.28)$$

Розбіжність між прийнятим і отриманим значеннями температури складає

$$\Delta = \frac{|30 - 43,61|}{43,61} \cdot 100\% = 31,2\% \quad (4.29)$$

Оскільки розбіжність більше 5 %, то розрахунок повторюваний з



пункту 2 із знову розрахованим значенням температури води на виході з теплообмінника  $T_2''$ .

*Друге наближення  $T_2'' = 43,6$  °С.*

Середня температура води рівняється

$$T_2 + \frac{T_2' + T_2''}{2} = \frac{30 + 43,61}{2} = 36,8^{\circ}\text{C}. \quad (4.30)$$

Визначаємо коефіцієнти тепловіддачі  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  і коефіцієнт теплопередачі  $k$ . Прийmemo  $\alpha_1 = 9861$  Вт/ (м<sup>2</sup>К),  $\alpha_2 = 12904$  Вт/ (м<sup>2</sup>К). З таблиці. 1.11 [Тепловой расчет рекуперативного теплообменного аппарата, Учебное пособие – Иваново, 2014.] при середній температурі стінки  $\bar{T} = (T_{w1} + T_{w2}) / 2 = (73,5 + 58,9) / 2 = 66,2$  знайдемо коефіцієнт теплопровідності вуглецевої сталі 20 °С

$\lambda_w = 51,4$  Вт/(мК).

Знаходимо температури стінок  $T_{w1}$  і  $T_{w2}$

$$T_{w1} = T_1 - \frac{T_1 - T_2}{R_{t,1} + R_{t,2} + R_{t,3}} \cdot R_{t,1} = 110 - \frac{110 - 30}{\frac{1}{9861} + \frac{0,002}{51,4} + \frac{1}{12904}} \cdot \frac{1}{9861} = 72,8^{\circ}\text{C}; \quad (4.31)$$

$$T_{w2} = T_{w1} - (T_1 - T_{w1}) \frac{R_{t,2}}{R_{t,1}} = 72,754 - (110 - 72,754) \frac{0,002 \cdot 9861}{51,4} = 58,5^{\circ}\text{C}. \quad (4.32)$$

Розраховуємо коефіцієнти тепловіддачі з боку гарячого і холодного теплоносіїв  $\alpha_1$  і  $\alpha_2$ . Коефіцієнт тепловіддачі при конденсації пари знаходимо  $\alpha_1$  по формулі (1.49) [6]

$$\alpha_1 = 0,728 \cdot \sqrt[4]{\frac{q \cdot r \cdot \rho_{пл}^2 \cdot \lambda_{нл}^3}{\mu_{нл} \cdot (T_n - T_{w1}) \cdot d_{нар}}} = 0,728 \sqrt[4]{\frac{9,81 \cdot 2230 \cdot 10^3 \cdot 951^2 \cdot 0,685^3}{259 \cdot 10^{-6} \cdot (110 - 72,8) \cdot 0,02}} = 9809 \text{ Вт/(м}^2\text{K)} \quad (4.33)$$

Розраховуємо коефіцієнт тепловіддачі при вимушеному русі плинного середовища в прямих гладких трубах  $\alpha_2$ .

По таблиці. 1.74 [6] при визначальній температурі  $T_0 = T_2 = 37 \text{ }^\circ\text{C}$  знаходимо фізичні властивості води :  $\lambda = 0,630 \text{ Вт/ (мК)}$ ;  $\nu = 0,703 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ ;  $Pr = 4,64$ , а по таблиці 1.77 [6] при температурі стінки

$$T_{w2} = 58,46^\circ\text{C} - Pr_w = 2,95. \quad (4.34)$$

Розраховуємо критерій Рейнольдса і визначаємо режим течії.

$$Re = \frac{w_2 \cdot d_{\text{вн}}}{\nu} = \frac{3 \cdot 0,016}{0,703 \cdot 10^{-6}} = 68278 > 10^4 \quad (4.35)$$

Оскільки критерій Рейнольдса більше 10000, то режим течії води турбулентний. По критерійній формулі (1.41) для турбулентного режиму течії в трубах і каналах розраховуємо безрозмірний коефіцієнт тепловіддачі:[6]

$$\begin{aligned} \overline{Nu} &= 0,021 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,43} \cdot \left( \frac{Pr}{Pr_w} \right)^{0,25} = \\ &= 0,021 \cdot 68278^{0,8} \cdot 4,64^{0,43} \cdot \left( \frac{4,64}{2,95} \right)^{0,25} = 335. \end{aligned} \quad (4.36)$$

Знаходимо коефіцієнт тепловіддачі

$$\alpha_2 = \frac{\overline{Nu} \cdot \lambda}{d_{\text{вн}}} = \frac{335 \cdot 0,63}{0,016} = 13202 \text{ Вт/ (м}^2 \text{ К)} \quad (4.37)$$

Розбіжність між прийнятими і отриманими значеннями коефіцієнтів тепловіддачі складає:

$$\Delta^1 = \frac{|9861 - 9809|}{9809} \cdot 100\% = 0,5\%; \quad (4.38)$$

$$\Delta_2 = \frac{|12904 - 13202|}{13202} \cdot 100\% = 2,3\%. \quad (4.39)$$

Оскільки розбіжність менше 5 %, те розрахунок закінчуємо.

Розраховуємо коефіцієнт теплопередачі

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda_w} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{9809} + \frac{0,002}{51,4} + \frac{1}{13202}} \cdot 4617 \text{ Вт/(м}^2 \text{K)} \quad (4.40)$$

Температуру води на виході з теплообмінника  $T_2''$

$$T_2'' = T_1 - (T_1 - T_2') \cdot e^{-\frac{k \cdot F}{w_2}} \quad (4.41)$$

По таблиці. 1.74 [Тепловой расчет рекуперативного теплообменного аппарата, Учебное пособие – Иваново, 2014.] при середній температурі холодного теплоносія

$T_2 = 37 \text{ }^\circ\text{C}$  визначаємо щільність води  $\rho_2 = 993,25 \text{ кг/м}^3$  і питому масову теплоємність  $c_{p2} = 4,174 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{K)}$ .

Витрату холодного теплоносія  $G_2$  знайдемо за рівнянням нерозривності (1.12): [6]

$$G_2 = \rho_2 \cdot w_2 \cdot f_2 = 993,25 \cdot 3 \cdot 0,0685 = 204,11 \text{ кг/с.}$$

Водяний еквівалент холодного теплоносія

$$W_2 = G_2 \cdot c_{p2} = 204,11 \cdot 4174 = 851967 \text{ Вт/K.}$$

Визначаємо температуру води на виході з теплообмінника  $T_2''$ :

$$T_2'' = T_1 - (T_1 - T_2') \cdot e^{-\frac{k \cdot F}{w_2}} = 110 - (110 - 30) \cdot e^{-\frac{4617 \cdot 34,69}{851967}} = 43,7^\circ \text{C} \quad (4.42)$$

Розбіжність між прийнятим і отриманим значеннями температури складає:

$$\Delta = \frac{|43,6 - 43,7|}{43,7} \cdot 100\% = 0,2\%. \quad (4.43)$$

Розбіжність між температурами менше 5 %, тому, ітераційний розрахунок закінчуємо. Остаточо приймаємо  $T_2'' = 43,7^\circ \text{C}$ .

### 4.3 Висновки по розділу 4.

Здійснено розробку рекуперативного теплообмінного апарату для утилізації побічної теплової енергії як виконавчого органу технології захисту навколишнього середовища для Барського ЛВУМГ за вдосконаленим підходом.

Встановлено, що серед відомих типів теплообмінних апаратів раціональним для отримання енергетичного ефекту є кожухотрубний. Це зумовлено тим, що теплообмінник матиме 4 секції, у кожній з яких одному й тому є потоку хладагенту – технічній воді – буде передавати теплову енергію потоки різних за рівнем накопиченої енергії та агрегатному стану й хімічному складу теплоносіїв – охолоджувальної рідини, моторної оливи і відпрацьованих газів мотор-компресора та стиснутого транспортованого природного газу.

## **5 РОЗРОБКА КОМПЛЕКСУ РАНЬОГО ВИЯВЛЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРУ НА БАРСЬКОМУ ЛВУМГ ЯК ПОТЕНЦІЙНО ВИБУХО ТА ПОЖЕЖОНЕБЕЗПЕЧНОМУ ОБ'ЄКТІ**

### **5.1 Безпека потенційно-небезпечних об'єктів**

Безпека потенційно – небезпечних об'єктів (ПНО) залежить від часу виявлення джерела безпеки та швидкості розповсюдження небезпечних речовин в навколишньому середовищі. Потенційно небезпечні об'єкти в значній мірі забезпечені засобами (приладами) моніторингу навколишнього середовища, на базі яких створюють системи раннього виявлення надзвичайних ситуацій.

**Мета дослідження** – створення комплексу раннього виявлення надзвичайних ситуацій на ранніх стадіях їх виникнення.

Сьогодні тільки біля 5 % ПНО обладнані системами раннього виявлення та оповіщення про надзвичайні ситуації. Зазначені Правила зобов'язують, щоб комплекс раннього виявлення надзвичайних ситуацій (КРВНС) складався із систем:

- раннього виявлення загрози виникнення надзвичайних ситуацій;
- виявлення надзвичайних ситуацій;
- оповіщення керівного складу та працюючого персоналу потенційнонебезпечних об'єктів про загрозу чи виникнення надзвичайних ситуацій;
- система оповіщення населення, що проживає або знаходиться в прогнозованих зонах ураження небезпечними чинниками потенційно небезпечних об'єктів та інші.

#### **Система оповіщення та зв'язку.**

**Система оповіщення та зв'язку** – комплекс організаційно – технічних заходів, апаратури і технічних засобів оповіщення, засобів та каналів зв'язку, призначених для своєчасного доведення сигналів та

інформації про виникнення надзвичайних ситуацій до центральних і місцевих органів виконавчої влади, підприємств, установ, організацій та населення.[7]

### **Вимоги, які ставляться до систем оповіщення та зв'язку**

**Оповіщення** - доведення сигналів і повідомлень органів управління про надзвичайних ситуацій (аварій, катастроф, епідемій, пожеж тощо.) до центральних і місцевих органів виконавчої влади підприємств, установ, організацій та населення.

### **Оповіщення про загрозу або виникнення надзвичайних ситуацій забезпечується шляхом.**

1) функціонування загальнодержавної, територіальних, місцевих автоматизованих систем централізованого оповіщення про загрозу або виникнення надзвичайних ситуацій, спеціальних, локальних та об'єктових систем оповіщення:

2) централізованого використання телекомунікаційних мереж загального користування, у тому числі мобільного (рухомого) зв'язку, відомчих телекомунікаційних мереж і телекомунікаційних мереж суб'єктів господарювання в порядку, встановленому Кабінетом Міністрів України, а також мереж загальнонаціонального, регіонального та місцевого радіомовлення і телебачення та інших технічних засобів передавання (відображення) інформації:

3) автоматизації процесу передачі сигналів і повідомлень про загрозу або виникнення надзвичайних ситуацій:

4) функціонуванні на об'єктах підвищеної небезпеки автоматизованих систем раннього виявлення надзвичайних ситуацій та оповіщення:

5) організаційно – технічної інтеграції різних систем централізованого оповіщення про загрозу або виникнення надзвичайних ситуацій та автоматизованих систем раннього виявлення надзвичайних

ситуацій та оповіщення.

б) функціонування в населених пунктах, а також місцях масового перебування людей

Сигнально – гучномовних пристроїв та електронних інформаційних табло для передачі інформації з питань цивільного захисту. [7]

### **Принципи побудови територіальної, та об'єктової систем оповіщення.**

Система оповіщення ЦЗ складається із загальнодержавної, територіальних і спеціальних систем оповіщення, систем циркулярного виклику.

У системі централізованого оповіщення можуть використовуватись апаратура і технічні засоби оповіщення ЦЗ, канали та засоби зв'язку, мережі радіомовлення і телебачення (канали звукового супроводження) центральних і місцевих органів виконавчої влади, підприємств, установ та організацій, мережі зв'язку яких входять до єдиної національної системи зв'язку (ЄНСЗ).

#### Ці системи забезпечують оповіщення та подальше інформування:

- чергових служб міністерств та інших центральних органів виконавчої влади по службових телефонах;
- чергових служб місцевих органів виконавчої влади;
- чергових аварійно-рятувальних служб;
- сил цивільного захисту;
- населення, яке знаходиться у зоні ураження.

З метою виявлення загрози або факту виникнення НС, оперативного залучення сил і засобів суб'єктів реагування для ліквідації небезпечних проявів НС, збереження життя та здоров'я людей, мінімізації можливих матеріальних втрат організовується повсякденне взаємоінформування та встановлюється порядок оповіщення.

Інформація до оперативно – чергової служби ДСНС України про загрозу або виникнення НС, її можливі наслідки

Інформація до оперативно-чергової служби ДСНС України про загрозу або виникнення надзвичайної ситуації її можливі наслідки подається підрозділом з питань НС, місцевого органу виконавчої влади у порядку взаємодії, встановленому ДСНС, а черговими (диспетчерської) службами територіальних органів управління або підрозділів центральних органів виконавчої влади, а також підприємств, установ, організацій у порядку і терміни, які визначаються Регламентом інформаційного обміну з питань НС.

**Залежно від рівня надзвичайної ситуації централізоване оповіщення здійснюється:**

**Оперативним черговим ДСНС України** – чергових служб центральних органів виконавчої влади, територіальних органів ДСНС, оперативних чергових територіальних органів НС;

Оперативним черговим управління НС ОДА (територіального органу НС) – керівного складу та чергових служб місцевих органів виконавчої влади, населення, що знаходиться на території на якій може виникнути чи виникла надзвичайна ситуація, а також сил цивільного захисту.

Для підвищення надійності централізованого оповіщення здійснюється дублювання передавання сигналів за рознесеними трасами та напрямками в обхід міста і підприємств віднесених до відповідних категорій і груп з ЦО.

Для оповіщення чергових служб керівного складу територіальних органів ЦЗ створюється система циркулярного виклику. Система централізованого оповіщення ЦЗ повинна забезпечувати можливість циркулярного або вибіркового оповіщення посадових осіб центральних і місцевих органів виконавчої влади, керівників визначених підприємств, установ та організацій, населення залежно від рівня надзвичайної ситуації і заходів, які слід невідкладно вжити. [7]



На випадок загрози або виникнення надзвичайної ситуації загальнодержавного рівня створюються *загальнодержавна система централізованого оповіщення* центральних і місцевих органів виконавчої влади та органів місцевого самоврядування.

Для створення загальнодержавної системи централізованого оповіщення призначено апаратура П-160, зображена на рис 5.1.



Рис 5.1 – Апаратура Р-160.

Апаратура забезпечує передачу з пунктів управління цивільної оборони через радіо мовні станції держави сигналів оповіщення, а також приймання і відображення сигналів, які передаються. Крім того, в місцях прийому апаратура забезпечує запуск місцевих систем оповіщення. Апаратура розрахована на прийом і відображення до 20 сигналів

оповіщення, які передаються як циркулярно, так і вибірково (визначеним групам або окремим адресатам). Передача виконується спеціальним кодом без переривання програми мовлення. Час на доведення одного сигналу становить від 15 до 30 секунд.

Загальний контроль за технічним станом систем централізованого оповіщення ЦЗ, організацією та проведенням усіх заходів для забезпечення безперервності і стійкості їх роботи, за охороною і допуском у приміщення, де встановлено апаратуру і технічні засоби оповіщення, покладається на начальника військового мобілізаційного підрозділу держкомзв'язку, начальників військово – мобілізаційних підрозділів підприємств електрозв'язку. Контроль за дотриманням режиму в приміщеннях, де встановлено апаратуру і технічні засоби оповіщення, покладається на режимні органи відповідних філій Укртелекому.

Забороняється відключати радіотрансляція точки та абонентські лінії, через які здійснюється запуск електросирен від мереж державного радіомовлення, демонтувати вуличні гучномовці без погодження з відповідними органами ЦЗ.

Керівники відповідних органів ЦЗ відповідають за оперативну готовність загальнодержавної та територіальних систем централізованого оповіщення. За створення необхідного резерву апаратури і технічних засобів оповіщення, запасних частин, удосконалення централізованого оповіщення, своєчасне опечатування панелей управління, лічильників апаратури і технічних засобів оповіщення, своєчасне і правильне закладення (вилучення) на підприємствах електрозв'язку пакетів з паролями і відгуками, текстами звернень до населення.

Для оповіщення про виникнення НС на КС уздовж магістральних і відвідних газопроводів за рахунок цих власників створюються **спеціальні системи** централізованого оповіщення чергових служб,

територіальних органів НС і органів внутрішніх справ, населення, яке знаходиться в зоні можливого ураження.

Ці системи мають бути сполученими з відповідними регіональними системами централізованого оповіщення. Запуск цих систем здійснює оперативний черговий відповідного територіального органу НС.

На випадок виникнення надзвичайних ситуацій безпосередньо на потенційно небезпечних підприємствах до яких входить Барське ЛВУМГ за їх рахунок створюються **локальні** або **об'єктові** системи оповіщення, які мають бути сполученими з регіональними системами централізованого оповіщення.

Вимоги до оснащення локальних або об'єктових систем оповіщення визначаються проектом погодженим з відповідними територіальними органами з питань НС.

**Локальні системи** оповіщення створюються на потенційно небезпечних об'єктах, зона ураження від яких, у разі виникнення на них НС, досягає заселених територій або інших підприємств, установ, організацій.

Територія, яку охоплюють локальні системи, визначають характером можливої аварії і повинна бути не менше, ніж визначений розрахунком радіус зони ураження.

До їх складу входять абонентські радіоточки мережі радіомовлення відомчих радіотрансляційних вузлів, та вуличні гучномовці. Пристрої запуску електросирен та самі електросирени, система централізованого виклику, магнітофони, магнітні стрічки із записаними текстами звернень, інформаційні табло, світлофори на дорогах.

Виробничі, службові та адміністративні приміщення підприємств, установ та організацій, а також будинки громадських організацій та установ, населені пункти, що перебувають у зоні ураження, обов'язково повинні мати мовні оповіщувачі локальних систем.

Локальні системи повинні мати тільки пристрої для ручного запуску диспетчером чи іншою уповноваженою особою потенційно небезпечного об'єкта та черговим оперативної служби ДСНС України.

**Сигнал про запуск локальних систем оповіщення повинен надходити до:**

- Керівників потенційно небезпечного об'єкта (ПНО);
- Оперативних чергових аварійних служб, підрозділів ДСНС України, Структурних підрозділів з питань надзвичайних ситуацій державних адміністрацій та виконавчих органів, рад, територіальних органів внутрішніх справ;
- керівників підприємств, установ, організації, що знаходяться в межах зони можливого ураження і населення;
- місцевих органів виконавчої влади.

Кількість вуличних гучномовців, виробничих гудків, електросирен, їх розміщення та потужність повинні забезпечувати необхідну гучність у всіх місцях масового скупчення працівників та населення. Гучномовці не повинні мати регуляторів гучності, підключення їх до мережі слід виконувати без роз'ємних пристроїв.

Системи оповіщення та керування управління заходами захисту необхідно виконувати з урахуванням можливості прямої трансляції мовного повідомлення та керівних команд через мікрофон для оперативного реагування в разі зміни обстановки або порушення нормальних умов здійснення заходів захисту.

Інформаційні табло повинні мати звукові пристрої, що привертають увагу до себе. Табло можуть відображати як текстову інформацію, так і покажчики напрямку виходу із зони ураження.

Світлофори на дорогах, що проходять через зони ураження, встановлюється з метою обмеження виїзду транспортних засобів у таку зону. Кожен такий світлофор повинен мати інформаційне табло.

Порядок роботи таких світлофорів у нормальному режимі визначають

уповноважені органи. [7]

## **5.2 Порядок створення об'єктових систем оповіщення.**

Об'єктові системи оповіщення створюються на ПНО, зона ураження яких не входить за їх територію. до їх складу входять абонентські радіоточки і вуличні гучномовці державної мережі радіомовлення та відомчих радіо вузлів, пристрої її запуску електросирен та самі електросирени, телефони, включені до системи централізованого виклику та інші технічні засоби.

### Об'єктові системи оповіщення повинні забезпечувати оповіщення:

- Керівників та інших працівників підприємства;
- оперативних чергових аварійних служб, відповідних територіальних органів з питань НС, територіальних органів МВС по прямим телефонах.

Об'єктові системи поділяються на зональні і загально об'єктові.

Зональні системи оповіщення є складовою об'єктової системи оповіщення і обладнуються на базі єдиних технічних засобів.

Зональні системи можуть перебувати як у складі загальнооб'єктової системи оповіщення, так і окремо для кожної зони.

Територія, яку охоплюють зональні системи, визначається характером можливої аварії і, як правило, поширюється на приміщення, де встановлені потенційно небезпечні апарати та окремі сусідні приміщення.

### Зональні системи повинні мати змогу для керування:

- дистанційно з робочих місць;
- дистанційно з робочого місця оператора, диспетчера тощо;
- автоматично від сигналу системі аварійної сигналізації в разі виникнення загрози аварії чи самої аварії.

Система повинна надсилати сигнал про запуск диспетчеру об'єкта.

Для оповіщення працюючого персоналу використовуються:

- звукові оповіщувачі(сирени, дзвінки);

– світлові покажчики.

Звукові оповіщувачі повинні бути заблоковані із світловими покажчиками та інформаційними табло.

Прилади для оповіщення розміщуються таким чином, щоб бути доступними кожному з працівників. Кількість цих приладів визначається при проектуванні, виходячи з планування приміщень, рівня шуму та освітлення. [7]

Загально об'єктові системи повинні мати тільки пристрої для ручного запуску диспетчером чи іншою уповноваженою особою об'єкта.

Для оповіщення персоналу підприємства використовуються:

- Звукові оповіщувачі( сирени, дзвінки);
- мовні сповіщувачі;
- світлові покажчики або інформаційні табло.

Доцільність установлення одночасно звукових та мовних сповіщувачів, їх тип та марка визначається при проектуванні системи.

В приміщеннях диспетчерських потенційно небезпечних підприємств встановлюються:

- пульт управління – для управління технічними засобами об'єктової або локальної системи оповіщення;
- два магнітофони, що під'єднані до виносних пультів управління для відтворення інформації оповіщення;
- табло відображення – для оптичної і звукової сигналізації команд і відтворення мовної інформації, що передається по регіональній системі централізованого оповіщення;
- гучномовець – для контролю мовної інформації, що передається по об'єктовій системі оповіщення;
- обладнання прямого телефонного зв'язку з оперативним черговим відповідного територіального органу НС, диспетчерами потенційно небезпечних підприємств, що розташовані поруч.

До спеціальних технічних засобів оповіщення належать електро

сирени, що призначені для подання звукового сигналу “Увага всім!”. вони поділяються на сирени зовнішнього оповіщення С-40 зображені на рис 5.2. і цехові С-28. зображені на рис. 5.3.



Рис 5.2 – Електросирена С – 40 зовнішнього оповіщення.

Сирена С – 40 Забезпечує озвучення території в радіусі 300-700 метрів. Радіус озвучення залежить від рівня вуличних шумів, характеру і висоти забудови, висоти встановлення електросирени над поверхнею землі. Вони встановлюються на найбільш високих будинках на рівні не менше як 2,5 метри від верхньої точки даху в стороні від димових і вентиляційних труб, а також джерел сильних і постійних шумів.

Електросирена С – 28 встановлюється в шумних цехах

промислових підприємств.



Рис 5.3 – Цехова електросирена С – 28.

Фінансування робіт, пов'язаних з проектуванням, створенням спеціальних систем централізованого оповіщення, локальних та об'єктових, систем оповіщення, їх експлуатаційно–технічне обслуговування провадиться за рахунок власників потенційно небезпечних об'єктів.

Загальний контроль за технічним станом локальних та об'єктових систем оповіщення покладається на головних інженерів підприємств, де створено ці системи.



Відповідальність за технічну готовність апаратури і технічних засобів оповіщення та зв'язку, виконання організаційно–технічних заходів з попередження несанкціонованого запуску несуть підприємства електрозв'язку, що прийняли ці засоби на експлуатацію технічне обслуговування (ЕТО).

Категорично забороняється самостійно проводити відключення (перенесення на інше місце) апаратури і технічних засобів оповіщення та зв'язку ЦЗ без дозволу відповідального органу з питань НС.

Комплекс систем виявлення загрози виникнення надзвичайних ситуацій, а також виявлення таких ситуацій та оповіщення працюючого персоналу і населення, яке проживає або знаходиться в прогнозованих зонах ураження небезпечними чинниками потенційно небезпечних об'єктів, складається з таких складових частин: [7]

**Система раннього виявлення загрози виникнення надзвичайних ситуацій та система виявлення надзвичайних ситуацій**

Складається з різних технологічних датчиків, сигналізаторів тощо, які контролюють небезпечні параметри обладнання і навколишнього середовища, та приймально–контрольних приладів. Технологічні датчики та сигналізатори вказаних систем встановлюються і використовуються відокремлено від аналогічних датчиків промислової автоматики;

**Система оповіщення працюючого персоналу** про загрозу виникнення надзвичайних ситуацій чи виникнення надзвичайних ситуацій складається з приладів, що видають спеціальні звукові сигнали, мовних сповіщувачів та світлових покажчиків, базової апаратури автоматичного включення оповіщення та мереж зв'язку;

Керування такими системами виконують диспетчери чи інші уповноважені особи потенційно небезпечних об'єктів або чергові операторських центрів диспетчерських служби ДСНС.

На кожному підприємстві для забезпечення надійної експлуатації систем виявлення надзвичайних ситуацій та оповіщення наказом або

розпорядженням адміністрації призначаються:

- особа, відповідальна за експлуатацію систем;
- оперативний (черговий) персонал для контролю за

працездатним станом. [7]

### **5.3 Порядок оповіщення населення про загрозу і виникнення надзвичайних ситуацій**

Оповіщення населення про загрозу і виникнення надзвичайних ситуацій організовується відповідним органом НС за схемою, яка затверджується начальником ЦЗ відповідного рівня.

Оповіщення населення здійснюється дистанційно за допомогою електросирен, мережі радіомовлення всіх діапазонів частот і видів модуляції та телебачення.

**Усі місцеві органи виконавчої влади, підприємства, установи, організації її незалежно від форм власності і господарювання зобов'язані:**

- забезпечити встановлення електросирен з можливістю централізованого запуску ( місце їх встановлення визначає відповідний орган НС з урахуванням озвучення території);

- забезпечити встановлення вуличних гучномовців у місця масового скупчення працівників та населення (за погодженням з відповідним органом НС);

- забезпечити всі виробничі, службові та адміністративні приміщення, а також приміщення навчальних і лікувальних закладів радіотрансляційними точками (радіоприймачами відповідного діапазону для районів, де немає проводового мовлення) для гарантованого приймання програм державного радіомовлення.

Встановлення сигнально гучномовний пристроїв та електронних інформаційних табло покладається на органи місцевого самоврядування, суб'єкти господарювання. Місця встановлення сигнально – гучномовних

пристроїв та електронних інформаційних табло визначаються органами місцевого самоврядування, суб'єктами господарювання.

Для забезпечення роботи систем оповіщення використовуються:

- Місцеві мережі зв'язку;
- мережі проводового радіомовлення та телебачення ( канали звукового супроводження);
- постійно діючі мережі радіозв'язку;
- системи мобільного зв'язку;
- електро сирени і технічні засоби оповіщення.

### **Передача мовної інформації**

Для того, щоб привернути увагу населення, перед передачею мовної інформації вмикаються електросирени, що означає попереджувальний сигнал “ **Увага всім!**”

Коли ви почули уривчасті звучання електросирен, необхідно увімкнути всі засоби отримання інформації і прослухати мовну інформацію, що передається територіальними органами НС, або потенційно небезпечними підприємствами. Повідомлення буде передаватися багато разів.

Оповіщення про пожежу та управління евакуацією людей здійснюється одним з таких способів або їх комбінацією:

- Подання звукових і світлових сигналів в усі приміщення будинку з постійним або тимчасовим перебуванням людей;
- трансляцією текстів або необхідність евакуації, її шлях евакуації, напрямок руху й інші дії, спрямовані на забезпечення безпеки людей;
- трансляцію спеціально розроблених текстів, спрямованих на запобігання паніці та іншим явищам, що ускладнюють евакуацію;
- увімкнення евакуаційних знаків “**Вихід**”;
- ввімкнення евакуаційного освітлення та світлових покажчиків напрямку евакуації;

- дистанційне відкривання дверей евакуаційний виходів;
- зв'язком пожежного поста із зонами оповіщення.

Системи оповіщення (далі – СО) вмикається автоматично від сигналу про пожежу, який формується системою пожежної сигналізації або системою пожежогасіння. З приміщення пожежного поста слід передбачати можливість запуску СО вручну.

СО повинна розпочати трансляцію першого сигналу привертання уваги або сигнали оповіщення про пожежу не пізніше трьох секунд з моменту отримання сигналу про пожежу.

Сигнал привертання уваги ( сигнал оповіщення про пожежу) повинен відрізнятися від сигналів іншого призначення.

Для трансляції мовних повідомлень необхідно використовувати повідомлення, яке записано заздалегідь на носії інформації. тривалість трансляції 1 мовного повідомлення не повинна перевищувати 1 хвилини.

На даний час йде підготовка до впровадження в роботу пультів централізованого спостереження територіальних органів ДСНС, на які будуть виводити сигнали з потенційно небезпечних об'єктів:

Програмне забезпечення пульту централізованого спостереження передбачає виконання таких функцій:

- приймання та обробки інформації від пульта централізованого моніторингу про спрацювання різноманітних систем безпеки на захищених об'єктах;
- надання інформації про захищені об'єкти ( їх місцезнаходження, адреси, аварійно–рятувальної частини, у районі виїзду яких знаходяться ці об'єкти, під'їзні шляхи до них, телефони оперативного персоналу, небезпечні чинники, прізвища, телефони, адреси відповідальних співробітників захищених об'єктів тощо). [7]

## **Впровадження системи раннього виявлення**

Для забезпечення виконання зазначених завдань створемо систему раннього виявлення надзвичайних ситуацій.

Можливо використовувати стрічкові, і таблеткові газоаналізатори, але вони мають критичний вихідний сигнал.

В розробках систем раннього виявлення надзвичайних ситуацій термін «ранне» характеризується в оперативному (швидкісному) оповіщенні усіх інстанцій про надзвичайну ситуацію, але для запобігання її виникнення часу вже немає.

### ***Постановка задачі та її розв'язання.***

Необхідно створити комплексну систему раннього виявлення надзвичайних ситуацій, яка б дозволила на ранніх стадіях її виникнення сповістити технічний персонал про можливість виникнення надзвичайної ситуації.

Розв'язання поставленої задачі необхідно виконувати в таких напрямках:

1. В системах раннього виявлення надзвичайних ситуацій враховувати зовнішні фактори впливу на процеси вимірів фізичних величин.
2. Розробити системи раннього визначення можливих надзвичайних ситуацій.
3. Забезпечити врахування стану технологічного обладнання (процесу).
4. Підвищити селективність первинних датчиків.

Необхідно вводити в системи раннього виявлення надзвичайних ситуацій корективи на властивості речовини, концентрація якої визначається.

Стан навколишнього середовища – це велика кількість динамічних природних та технічних факторів, які впливають на процеси,

пов'язані з виникненням НС, та показники приладів, які забезпечують визначення критичного стану.[8]

До основних факторів природного впливу можливо віднести: температура більше  $20^{\circ}\text{C}$ , менше  $20^{\circ}\text{C}$ , вологість повітря, тиск повітря, напрям та швидкість повітря, дощ, сніг, туман, радіаційні випромінювання та інші. Технічні фактори впливу на процеси визначення НС різноманітні та впливові, а інколи можуть бути і вирішальними, тому їх необхідно враховувати.

Це такі як:

- місце розташування об'єкту на місцевості (рельєф місцевості);
- конфігурація об'єкту;
- технічний стан об'єкту;
- властивості забруднювачів;
- можливості ініціації вибухів та багато інших.

Організаційні фактори впливу на створення НС на об'єктах можуть бути впливові, а в окремих випадках і з летальними наслідками. Це такі як: якість підготовки кадрів, своєчасність і якість проведення профілактичних робіт, дисциплінарні фактори та інші.

Зовнішні фактори впливу необхідно враховувати як коефіцієнти впливу. [8]

Природні фактори впливу визначаються як, змінні коефіцієнти в постійній динаміці, а технічні та організаційні – періодично в залежності від зміни умов експлуатації об'єкту Барської ЛВУМГ.

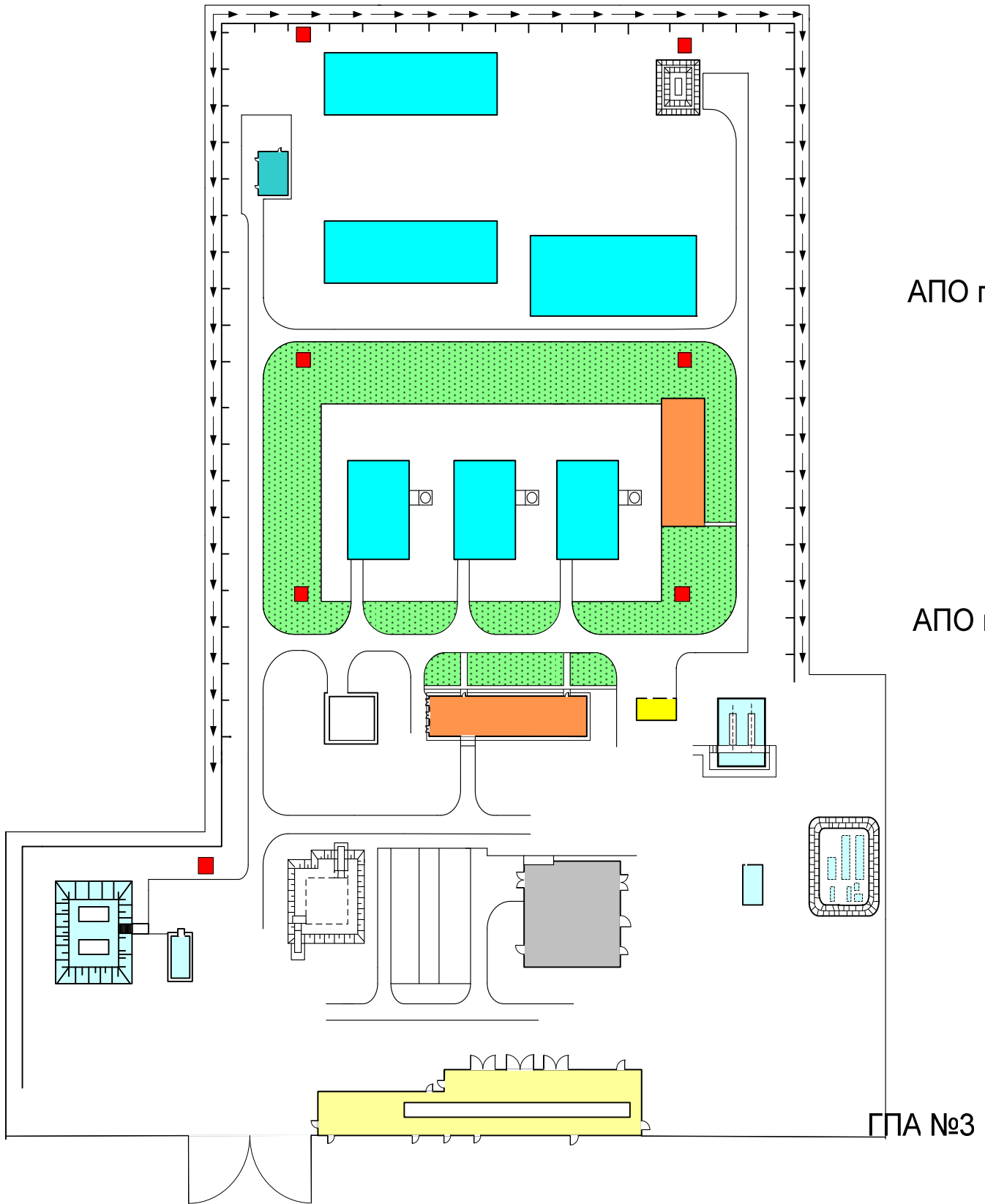


Рис. 5.4 План будівель та установок Барського ЛВУМГ КС-37.

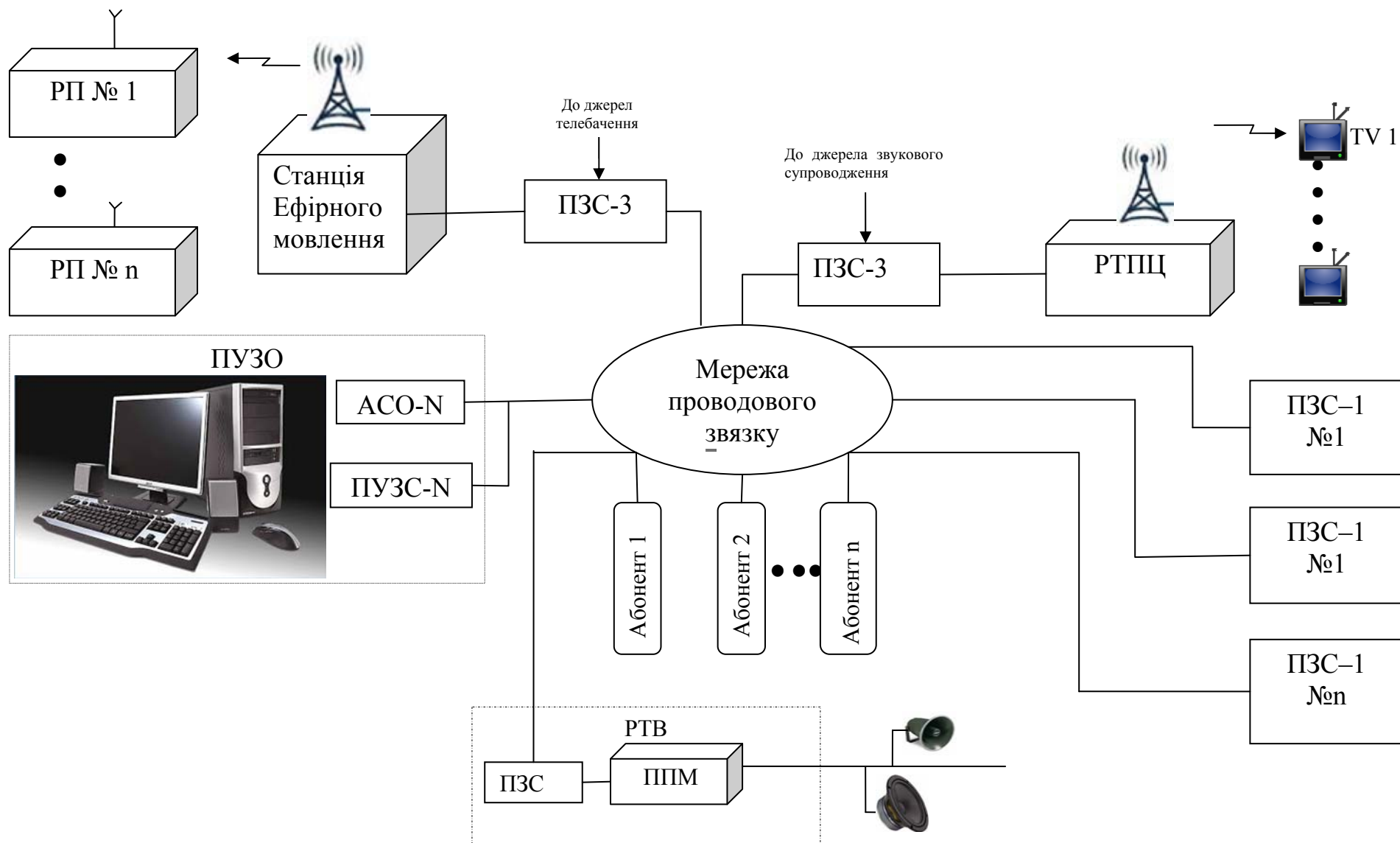


Рис. 5.5 Запропонована схема системи раннього виявлення.



#### **5.4 Висновки по розділу 5.**

Здійснено розробку комплексу раннього виявлення надзвичайних ситуацій техногенного характеру на Барському ЛВУМГ як потенційно вибухо – та пожежонебезпечному об'єкті за вдосконаленим підходом.

Встановлено, що вказане підприємство є потенційно вибухо – та пожежонебезпечним об'єктом. Надзвичайна ситуація, котра потенційно може виникнути на основному й допоміжному технологічному обладнанні, сутність якої полягає у руйнуванні вибуховою хвилею та/або полум'ям елементів такого обладнання, неодмінно буде супроводжуватись виділенням в усі елементи НПС речовин-політантів та теплової енергії у критично значних кількостях.

Виявлено, що вказане підприємство повністю відповідає вимогам пожежної безпеки, проте не має комплексів раннього виявлення надзвичайних ситуацій техногенного характеру, хоча побудова такого комплексу наявна у запланованих роботах.

Запропоновано підхід, на основі якого побудовано комплекс раннього виявлення надзвичайних ситуацій техногенного характеру на означеному підприємстві як потенційно вибухо – та пожежонебезпечному об'єкті, що придатний для впровадження на вказаному підприємстві а також для інших підприємств з транспортування природного газу.

## ВИСНОВКИ

Таким чином, при виконанні досліджень, результати яких викладено у рукописі цієї кваліфікаційної роботи, отримано наступні основні результати, відповідно до її теми, мети та завдань.

1. За результатами аналізу науково-технічної, довідникової та нормативної літератури за темою дослідження надано та описано екологічної характеристики району розміщення Барського ЛВУМГ, зокрема Вінницької області та міста Бар.

Надано характеристику сучасному екологічному стану регіону, виявлено екологічні проблеми регіону, проаналізовано джерела та причини виникнення екологічних проблем, визначено можливі шляхи їх вирішення, обґрунтовано необхідність побудови технологій захисту різних компонентів навколишнього природного середовища.

2. Виконано аналіз виробничої діяльності Барського ЛВУМГ та його впливу на навколишнє природне середовище.

Виявлено, що бізнес-процес БЛВУМГ – це надання послуг з безперебійного транзиту природного газу згідно плану магістральними газопроводами, транспортування природного газу, в обумовлених обсягах у загальному потоці газу до ГРС та передача його газорозподільчим організаціям ВАТ «Вінницягаз», ВАТ «Хмельницькгаз», ВАТ «Тернопільгаз», шляхом цілодобового оперативного керівництва змінним персоналом, який зайнятий експлуатацією та обслуговуванням технологічного обладнання компресорної станції, яка призначена для стиснення та переміщення природного газу по магістральному газопроводу Уренгой-Помари-Ужгород.

Встановлено, що газоподібні викиди, скиди стічних вод та тверді й рідкі відходи, джерелами яких є вказане підприємство, за своїми екологічними показниками повністю відповідають діючим нормативам. Проте також виявлено, що у технологічному процесі наявна значна кількість нерекуперованої теплової енергії.

3. Здійснено побудову, аналіз та описання схеми технології захисту навколишнього середовища для Барського ЛВУМГ за вдосконаленим підходом.

Запропонована схема передбачає відбір транспортованого природного газу з резервуару низького тиску, стискування його у компресорній секції поршневого мотор-компресора, охолодження та подачу в резервуару високого тиску. Живлення двигунової секції поршневого мотор-компресора відбувається від самого транспортованого газу з резервуару низького тиску крізь редуктор тиску, очисні пристрої від крапель конденсованої водяної пари й твердих домішок. Утворені при роботі мотор-компресора відпрацьовані гази викидаються до атмосфери крізь 3-компонентну систему нейтралізації законодавчо нормованих колютантів. Теплова енергія від охолоджувальної рідини, моторної оливи і відпрацьованих газів мотор-компресора та стиснутого транспортованого природного газу рекуперується у секційному теплообмінному апараті шляхом передачі її хладагенту та утилізації його теплової енергії для власних потреб підприємства.

4. Здійснено розробку рекуперативного теплообмінного апарату для утилізації побічної теплової енергії як виконавчого органу технології захисту навколишнього середовища для Барського ЛВУМГ за вдосконаленим підходом.

Встановлено, що серед відомих типів теплообмінних апаратів раціональним для отримання енергетичного ефекту є кожухотрубний. Це зумовлено тим, що теплообмінник матиме 4 секції, у кожній з яких одному й тому є потоку хладагенту – технічній воді – буде передавати теплову енергію потоки різних за рівнем накопиченої енергії та агрегатному стану й хімічному складу теплоносіїв – охолоджувальної рідини, моторної оливи і відпрацьованих газів мотор-компресора та стиснутого транспортованого природного газу.

5. Здійснено розробку комплексу раннього виявлення надзвичайних

ситуації техногенного характеру на Барському ЛВУМГ як потенційно вибухо – та пожежонебезпечному об'єкті за вдосконаленим підходом.

Встановлено, що вказане підприємство є потенційно вибухо – та пожежонебезпечним об'єктом. Надзвичайна ситуація, котра потенційно може виникнути на основному й допоміжному технологічному обладнанні, сутність якої полягає у руйнуванні вибуховою хвилею та/або полум'ям елементів такого обладнання, неодмінно буде супроводжуватись виділенням в усі елементи НПС речовин-політантів та теплової енергії у критично значних кількостях.

Виявлено, що вказане підприємство повністю відповідає вимогам пожежної безпеки, проте не має комплексів раннього виявлення надзвичайних ситуацій техногенного характеру, хоча побудова такого комплексу наявна у запланованих роботах.

Запропоновано підхід, на основі якого побудовано комплекс раннього виявлення надзвичайних ситуацій техногенного характеру на означеному підприємстві як потенційно вибухо – та пожежонебезпечному об'єкті, що придатний для впровадження на вказаному підприємстві а також для інших підприємств з транспортування природного газу.

## СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Екологічний паспорт регіону. Вінницька область. 2019 рік.
2. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» від 25.06.1991 р. № 1264-ХІІ у редакції від 12.10.2018. – URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12>.
3. <http://bar-city.com.ua/>
4. План локалізації та ліквідації аварійних ситуацій і аварій (ПЛАС) Компресорної станції КС-37.
5. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук – Михайлюк Ю. Д., з теми: Підвищення рівня екологічної безпеки атмосферного повітря в районах розташування компресорних станцій. Івано-Франківськ, 2016.
6. Тепловой расчет рекуперативного теплообменного аппарата, учебное пособие. - Иваново, 2014.
7. Навчально-методичний центр цивільного захисту та безпеки життєдіяльності Івано-Франківської області. Методична розробка. Забезпечення оповіщення та зв'язку у надзвичайних ситуаціях, 2016.
8. Пожежна безпека: теорія і практика : збірник наукових праць. – Черкаси : АПБ ім. Героїв Чорнобиля, 2013. – №13.
9. Промислова екологія: навчальний посібник / С.О. Апостолук, В.С. Джигирей, І.А. Соколовський та ін. – 2-ге вид., виправл. і доповн. – К. : Знання, 2012.
10. Зацерклянний М.М. Процеси захисту навколишнього середовища: підручник / М.М. Зацерклянний, О.М. Зацерклянний, Т.Б. Столевич. – Одеса: ОНАХТ, Фенікс, 2017.
11. Расчет и проектирование систем обеспечения безопасности : учеб. пособие / Я.А. Жилинская, И.С. Глушанкова, М.С. Дьяков, М.В. Висков. – Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2012.

12. Проектування й конструювання систем забезпечення екологічної безпеки. Методичні вказівки до виконання контрольних (модульних) робіт / Уклад. С.О. Вамболь, В.В. Вамболь, В.Ю. Колосков. – Х.: НУЦЗУ, 2018.

13. Ветошкин А.Г., Таранцева К.Р. Технология защиты окружающей среды (теоретические основы). Учебное пособие. – Пенза: Изд-во ПТИ, 2004.

14. Рыбаков Ю.С. Процессы и аппараты защиты окружающей среды. Конспект лекций для студентов всех форм обучения специальности 280202 – Инженерная защита окружающей среды. – Екатеринбург, 2005.

15. Гуцуляк В.М. Ландшафтна екологія : підручник для студентів вищих навчальних закладів / В.М. Гуцуляк, Н.В. Максименко, Т.В. Дудар. – Х.: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2015.

16. Семенова И.В. Промышленная экология: учеб. пособ. для студ. высш. учеб. заведений / И.В. Семенова. – М.: Изд. центр «Академия», 2009.

17. Ветошкин А.Г. Инженерная защита атмосферы от вредных выбросов. Учебно-практическое пособие. 2-е изд. доп. и перераб. – М.: Инфра-Инженерия, 2016.

18. Системи управління екологічною безпекою. Конспект лекцій / Уклад. С.О. Вамболь, І.В. Міщенко, В.Ю. Колосков, О.М. Кондратенко. – Х.: НУЦЗУ, 2018.

19. Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними та біологічними речовинами) (ДСП-201-97), затверджені наказом Міністерства охорони здоров'я України від 09.07.1997 № 201. – URL:

20. Перечень и коды веществ, загрязняющих атмосферный воздух. Издание шестое, перераб. и доп. – С.Пб.: НИИ Атмосфера, 2005.

21. Наказ МОЗ України «Про затвердження методологічних рекомендацій «Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення

атмосферного повітря» від 13.04.2007 р. № 184. – URL: [http://old.moz.gov.ua/ua/portal/dn\\_20070413\\_184.html](http://old.moz.gov.ua/ua/portal/dn_20070413_184.html).

22. Любчик Г. Н. Экологические показатели воздействия энергетических установок на окружающую среду / Г. Н. Любчик, Д. М. Плоткин // Пром. Теплоэнергетика. -1992 .

23. Голубец М.А. Актуальные вопросы экологии / М.А. Голубец. – Киев, 1982.

24. Постанова Кабінету Міністрів України від 15.02.1991 р. №192 «Про затвердження Положення про організацію оповіщення і зв'язку у надзвичайних ситуаціях».

25. Постанова Кабінету Міністрів України від 11.05.2012 р. №295 «Про затвердження Правил надання та отримання телекомунікаційних послуг».

26. Наказ МНС України від 15.05.2006 р. «Про затвердження Правил улаштування, експлуатацій та технічного обслуговування систем раннього виявлення надзвичайних ситуацій та оповіщення людей у випадку їх виникнення», зареєстрований Мінюстом України за №785/12659 від 05.07.2006 року.

27. Наказ МНС України від 18.05.2009 року №338 «Правила улаштування та експлуатації систем оповіщення про пожежу та управління евакуацією людей в будинках та спорудах».

28. Підручник «Основи цивільного захисту» Університет цивільного захисту України, ІДУЦЗ. Київ 2008 р.

29. Екологія довкілля. Охорона природи : навчальний посібник для студентів вузів / В. Грицик, Ю. Канарський, Я. Бедрій. - К. : Кондор, 2009.

30. Основи екології: Навчальний посібник для вищих навчальних закладів / Нелі Заверуха, Валентин Серебряков, Юрій Скиба,. - К. : Каравела, 2006.

31. Екологія і організація природоохоронної діяльності: Навчальний посібник / В. Г. Шматько, Ю. В. Нікітін .

**ДОДАТОК А. ДОКУМЕНТИ ЩОДО ПРОХОДЖЕННЯ  
ПЕРЕДДИПЛОМНОЇ ПРАКТИКИ**



## Відгук та оцінка роботи здобувача вищої освіти під час переддипломної практики ( стажування )

Здобувач вищої освіти (магістрант) заочної форми навчання, слухач групи ЗМТЗ-18 *Гуменюк Сергій Васильович* проходив переддипломну практику ( стажування ) на базі Барського ЛВУМГ КС-37 на посаді співробітника з ОНС(охорона навколишнього середовища) (на безоплатній основі) з 10 до 20 березня 2020 року.

Перелік завдань на практику , відображений у календарному плані щоденника практики відповідно до програми практики, повністю відповідає методичним рекомендаціям щодо проходження переддипломної практики (стажування) за спеціальністю 183 «Технології захисту навколишнього середовища» спеціалізації « Техногенно-екологічна безпека» за освітньо-кваліфікаційним рівнем «магістр».

Серед таких питань слід виділити наступні:

- Ознайомлення з виробничою діяльністю підприємства. Ознайомлення з технологічним обладнанням КС- 37 та технічною документацією приладів та установок;
- Ознайомлення з сутністю основних технологічних процесів підприємства, їх складністю та особливостями;
- Ознайомлення з існуючою системою забезпечення екологічної безпеки Технологічних установок КС-37, а також підприємства в цілому;
- Аналіз науково-технічної, нормативної, довідникової літератури та дозволів щодо питань захисту навколишнього природного середовища від негативного впливу підприємства;
- Моніторинг навколишнього середовища. Аналіз основних джерел екологічного навантаження;
- Розробка рекомендацій, щодо вдосконалення методів та засобів захисту навколишнього середовища від негативного впливу технологічного обладнання та процесів газотранспортної діяльності;
- Розробка рекомендацій, щодо профілактики виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру.

За період проходження переддипломної практики (стажування ) здобувач вищої освіти *Гуменюк Сергій Васильович* проявив себе як

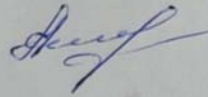
відповідальний, сумлінний, кваліфікований спеціаліст у галузі знань , що відповідає спеціальності 183 « Технології захисту навколишнього середовища». Програму практики та завдання, поставлені керівником практики виконав швидко, вчасно, якісно, кваліфіковано і в повному обсязі. Проявив значні комунікативні навички.

Зауваження щодо роботи практиканта *Гуменюка С. В.* відсутні.

За результатами аналізу проходження переддипломної практики (стажування), на думку керівника практики, можна констатувати, що здобувач вищої освіти *Гуменюк Сергій Васильович* заслуговує на позитивний відгук та оцінку **«ВІДМІННО»**.

20.03.2020 р.

Керівник практики від установи,  
інженер з ОНС Барського ЛВУМГ  
ТОВ «Оператор ГТС України»



Алла ЛІПСЬКА



**ЗАТВЕРДЖУЮ»**  
Начальник управління  
Барського ЛВУМГ  
ТОВ «Оператор ГТС України»  
Віктор МАНДРА  
2020 р.

**ЗВІТ**  
про проходження переддипломної практики (стажування)  
здобувачем вищої освіти групи **ЗМТЗ-18**, 2-го курсу  
**факультету техногенно-екологічної безпеки**  
**Національного університету цивільного захисту України**  
*Гуменюка Сергія Васильовича,*  
що навчається за спеціальністю  
**183 «Технології захисту навколишнього середовища»**

Переддипломну практику (стажування) проходив на базі Барського ЛВУМГ ТОВ «Оператор ГТС України» на посаді співробітника з ОНС на безоплатній основі у період з 10 до 20 березня 2020 р.

Головним завданням Барського ЛВУМГ є забезпечення безперебійного транспорту газу магістральними газопроводами та безперебійного постачання газу споживачам згідно плану транспорту газу та установленого режиму роботи магістральних газопроводів шляхом цілодобового оперативного керівництва змінним персоналом, який зайнятий експлуатацією та обслуговуванням технологічного обладнання КС.

Компресорна станція №37 призначена для стиснення та переміщення природного газу по магістральному газопроводу Уренгой-Помари-Ужгород (УПУ).

Природний газ від вузла підключення під тиском 5,5 МПа поступає у блок очищення газу, де відбувається очищення газу від пилу і механічних домішок.

З блоку очищення газ подається в компресорний цех. Компримування газу забезпечується трьома газоперекачувальними агрегатами типу ГТН-25 з двигуном ДН-80.

З ГТН-25 газ під тиском 7,5 МПа поступає в блок охолодження газу, де охолоджується до температури не вище 40°C в апаратах повітряного охолодження (АПО).

Охолоджений і стиснутий до тиску 7,5 МПа газ через вузол підключення направляється в магістральний газопровід УПУ.

За час проходження переддипломної практики (стажування) мною після проходження інструктажів з техніки безпеки здійснено ознайомлення з технологічною документацією підприємства в цілому та регламентом роботи Технологічної установки для транспортування газу безпосередньо. Ознайомився з технологічним обладнанням підприємства та технічною документацією приладів та установок.

Було проведено моніторинг навколишнього середовища. Аналіз основних джерел екологічного навантаження. Результати проведених заходів були застосовані у ході виконання дипломної роботи.

Виконано ознайомлення з існуючою системою забезпечення екологічної безпеки конкретно Барського ЛВУМГ Технологічної установки очищення зжимання та транспортування природного газу на підприємстві в цілому.

Визначено рівень впливу Барського ЛВУМГ на навколишнє середовище, а також визначено особливості діяльності як газової промисловості в Україні, так і зокрема Барського ЛВУМГ.

Варто зазначити, що діяльність Барського ЛВУМГ спрямовується на відповідність до міжнародних та національних стандартів з екологічної безпеки та поступово зазнає модернізації та оптимізації, що є позитивним елементом збереження довкілля та діяльності Барського ЛВУМГ.

Розроблено рекомендації, щодо профілактики виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру та зменшення рівня антропогенного впливу підприємств газоперекачувальної промисловості на навколишнє природне середовище.

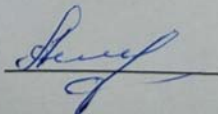
**Склав:**

Здобувач вищої освіти \_\_\_\_\_  Сергій ГУМЕНЮК

Пропозиції від керівництва Барського ЛВУМГ ТОВ «Оператор ГТС України» щодо вдосконалення організації навчально-наукової практики відсутні.

Загальна оцінка виконання індивідуального плану – **«ВІДМІННО»**.

**Керівник практики від установи,  
інженер з ОНС Барського ЛВУМГ  
ТОВ «Оператор ГТС України»**



**Алла ЛІПСЬКА**

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.