

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ

Кафедра прикладної екології та охорони праці

(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота

другий (магістерський)

(рівень вищої освіти)

на тему Дослідження умов праці та рівня травматизму під час виробництва теплової енергії

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.2639

спеціальності 263 Цивільна

безпека

(код і назва спеціальності)

освітньої програми Охорона

праці

(код і назва освітньої програми)

спеціалізації

(код і назва спеціалізації)

Бабенко О.Г.

(ініціали та прізвище)

Керівник доц., к.т.н. Манідіна Є.А.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент проф., д.т.н. Куріс Ю.В.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя

2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
 ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
 ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ

Кафедра прикладної екології та охорони праці
 Рівень вищої освіти другий (магістерський)
 Спеціальність 263 «Цивільна безпека»
(код та назва)
 Освітня програма Охорона праці
(код та назва)
 Спеціалізація _____
(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____

« _____ » _____ 20 _____ року

З А В Д А Н Н Я
 НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ/ПРОЕКТ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Бабенко Олени Григорівни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту) Дослідження умов праці та рівня травматизму під час виробництва теплової енергії

керівник роботи Манідіна Євгенія Анатоліївна, к.т.н

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

затверджені наказом ЗНУ від « 09 » 10 2020 року № 1583-С

2 Строк подання студентом роботи 23.11.2020

3 Вихідні дані до роботи загальна кількість робітників – 2300, водогрійний котел: ТВГМ, RIELLO RTQ (паливо – природний газ).

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Оцінка рівня охорони праці на підприємствах вироблення теплової енергії; дослідження умов праці на підприємствах по виробленню теплової енергії; рекомендації щодо поліпшення умов праці в котельних міста Запоріжжя; розрахунок економічних наслідків травматизму та професійного захворювання

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
 Об'єкт, предмет дослідження, мета роботи та наукова новизна роботи
 діаграма розподілу причин нещасних випадків, розподіл подій, які складають
 організаційні причини, розподіл за статтю травмованих робітників за 6 років
 галузі, розподіл нещасних випадків за видом технологічного обладнання
 коефіцієнт частоти травматизму за період 2015-2019 р.р., коефіцієнт тяжкості
 травматизму за період 2015-2019р.р.


6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Манідіна Є.А., доцент	28.09.2020	23.11.2020
2	Манідіна Є.А., доцент	28.09.2020	23.11.2020
3	Манідіна Є.А., доцент	28.09.2020	23.11.2020
4	Манідіна Є.А., доцент	28.09.2020	23.11.2020


7 Дата видачі завдання 28.09.2020

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
	Підбір статистичних даних та їх оброблення	28.09.2020- 21.10.2020	Виконано
	Аналіз умов праці робітників котелень	21.10.2020- 28.10.2020	Виконано
	Розробка рекомендацій по покращенню умов праці	28.10.2020 - 08.11.2020	Виконано
	Дослідження ефективності глушників	08.11.2020 - 13.11.2020	Виконано
	Розрахунок основних техніко-економічних показників	13.11.2020- 20.11.2020	Виконано


Студент 
 (підпис)

О.Г. Бабенко
 (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту) 
 (підпис)

Є.А. Манідіна
 (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер 
 (підпис)

Рижков В.Г.
 (ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Бабенко О.Г. Дослідження умов праці та рівня травматизму під час виробництва теплової енергії

Кваліфікаційна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 263 – Цивільна безпека, освітня програма – Охорона праці, науковий керівник Є.А. Манідіна. Запорізький національний університет. Інженерний навчально-науковий інститут, кафедра прикладної екології та охорони праці, 2020.

Приведена оцінка рівня охорони праці на підприємствах вироблення теплової енергії, встановлені причини виникнення нещасних випадків на підприємстві, встановлені коефіцієнти частоти та важкості травматизму за останні 5 років. Проведено дослідження умов праці на підприємствах вироблення теплової енергії, визначені умови праці робітників та надані рекомендації по поліпшенню умов праці. Розроблена та досліджена система глушників, що дозволяє знизити рівень аеродинамічного шуму.

Ключові слова: водогрійний котел, травматизм, коефіцієнт частоти травматизму, умови праці, аеродинамічний шум

SUMMARY

Babenko O.G. Study of working conditions and the level of injuries in the production of thermal energy

Qualification work for the Master's degree higher education in the specialty 263 – Civil Security, educational program - Occupational Health, scientific director E. A. Manidina. Zaporizhzhya National University. Institute of Engineering, Department of Applied Ecology and Occupational Health, 2020.

The assessment of the level of labor protection at the enterprises of heat energy generation is given, the causes of accidents at the enterprise are established, the coefficients of frequency and severity of injuries over the last 5 years are established. A study of working conditions at heat power generation enterprises was carried out, working conditions of workers were determined and recommendations were given for improving working conditions. A muffler system has been developed and studied, which allows to reduce the level of aerodynamic noise.

Keywords: hot water boiler, injury rate, injury frequency rate, working conditions, aerodynamic noise

АННОТАЦИЯ

Бабенко О.Г. Исследование условий труда и уровня травматизма во время производства тепловой энергии

Квалификационная работа для получения степени высшего образования магистра по специальности 263 – Гражданская безопасность, образовательная программа – Охрана труда, научный руководитель Е.А. Манидина. Запорожский национальный университет. Инженерный учебно-научный институт, кафедра прикладной экологии и охраны труда, 2020.

Приведена оценка уровня охраны труда на предприятиях выработки тепловой энергии, установлены причины возникновения несчастных случаев на предприятии, установлены коэффициенты частоты и тяжести травматизма за последние 5 лет. Проведено исследование условий труда на предприятиях выработки тепловой энергии, определены условия труда рабочих и даны рекомендации по улучшению условий труда. Разработана и исследована система глушителей, что позволяет снизить уровень аэродинамического шума.

Ключевые слова: водогрейный котёл, травматизм, коэффициент частоты травматизма, условия труда, аэродинамический шум

ЗМІСТ

ВСТУП	9
1 ОЦІНКА РІВНЯ ОХОРОНИ ПРАЦІ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ВИРОБЛЕННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ.....	11
1.1 Аналіз основних причин виникнення нещасних випадків на підприємствах вироблення теплової енергії.....	11
1.2 Використання статистичного методу оцінки рівня травматизму на підприємствах.....	17
1.3 Висновки по розділу	21
2 ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ ПРАЦІ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ПО ВИРОБЛЕННЮ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ	22
2.1 Характеристика технології виробництва теплової енергії.....	22
2.2 Оцінка умов праці робітників задіяних на виробництві теплової енергії.....	31
2.3 Оцінка стану пожежної безпеки та електробезпеки в котельних міста .	36
2.4 Рекомендації щодо поліпшення умов праці в котельних міста Запоріжжя.....	40
3 ДОСЛІДЖЕННЯ ЗНИЖЕННЯ РІВНЯ АЕРОДИНОМІЧНОГО ШУМУ	46
3.1 Аналіз існуючих методів зменшення аеродинамічного шуму в приміщеннях котельних.....	46
3.2 Обґрунтування вибору конструкції глушника для зниження аеродинамічного шуму	51
3.3 Методика експериментальних досліджень по встановленню звукопоглинальної здатності глушника.....	55
3.4 Методика математичної обробки результатів досліджень	57
3.5 Експериментальні дослідження ефективності системи глушників.	60
5 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНИХ НАСЛІДКІВ ТРАВМАТИЗМУ ТА ПРОФЕСІЙНОГО ЗАХВОРЮВАННЯ.....	67
ВИСНОВКИ.....	69

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	70
ДОДАТКИ	73

ВСТУП

Одним з основних елементів побуту населення є теплопостачання. Теплопостачання використовується для розв'язання різних завдань забезпечення теплом житлових будинків і промислових споруд, здійснення комунально-побутових потреб споживачів. Важливою потребою населення є опалення і гаряче водопостачання, і головну роль тут відіграють котельні установки. Котельні установки забезпечують нагрів робочої рідини, в даному випадку води. Основними елементами котельні установки є котельний агрегат і допоміжні пристрої. Устаткування котельних установок необхідно ретельно обслуговувати, і перевіряти відсутність збоїв в роботі і відмов. Цю роботу виконує машиніст котельних установок, на якого в процесі роботи впливають небезпечні та шкідливі виробничі фактори. Їх дія необхідно зменшувати. Безпека працівників є невід'ємною важливою частиною обов'язки будь-якого роботодавця. У зв'язку з цим він повинен надати умови праці, відповідні нормативними документами. Безпечні умови праці-умови праці, при яких впливу на працюючих шкідливих і (або) небезпечних виробничих факторів виключено або рівні їх впливу не перевищують встановлених нормативів.

Метою кваліфікаційної роботи є дослідження та поліпшення стану охорони праці на підприємствах під час вироблення теплової енергії.

Об'єкт дослідження – підприємства по виробленню теплової енергії.

Предмет дослідження – умови праці робітників котельень, які містять водогрійні котли.

Мета кваліфікаційної роботи вирішується за рахунок розв'язання наступних наукових завдань:

- проаналізувати рівень травматизму на підприємствах під час вироблення теплової енергії;
- встановити основні причини виникнення травматизму;

- визначити основні види аварій, які відбуваються на підприємствах під час вироблення теплової енергії;

- встановити коефіцієнти частоти та важкості травматизму за останні роки на підприємствах по виробленню теплової енергії;

- надати оцінку умов праці основних робітників підприємства;

- розробити рекомендації по поліпшенню умов праці робітників котельень;

- розробити та дослідити систему глушників, що дозволяє зменшити рівень аеродинамічного шуму.

Отже, при розв'язанні вищенаведених завдань була винайдена наступна наукова новизна:

- визначені основні причини травматизму на підприємствах під час вироблення теплової енергії;

- встановлені основні види аварій, які трапляються на підприємствах;

- визначені критерії оцінки рівня охорони праці на підприємстві;

- встановлені умови праці основних робітників підприємства;

- розроблені рекомендації по поліпшенню умов праці робітників котельень;

- підтверджена ефективність системи глушників для зменшення аеродинамічного шуму.

1 ОЦІНКА РІВНЯ ОХОРОНИ ПРАЦІ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ВИРОБЛЕННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ

1.1 Аналіз основних причин виникнення нещасних випадків на підприємствах вироблення теплової енергії

За даними Фонду соціального страхування України за період з січня по вересень 2020 року Фондом було зареєстровано 16286 (3851 випадки пов'язані з виробництвом) повідомлень про нещасні випадки та гострі професійні отруєння. Якщо порівняти з таким же періодом 2019 року, то кількість таких повідомлень збільшився майже у 3,7 рази. Також, аналіз статистичних даних показав, що кількість повідомлень про нещасні випадки зі смертельним наслідком за вищенаведений період 2020 року в порівнянні з аналогічним періодом 2019 року зросла на 4,4 % [1]. Отже, дані показники вказують на значне погіршення стану охорони праці на підприємствах України.

Якщо поглянути на розподіл за галузями промисловості кількості нещасних випадків, що сталися за дев'ять місяців 2020 року, то до лідерів серед кількості травмованих є наступні галузі: охорона здоров'я, добувна промисловість і розроблення кар'єрів, транспорт, складське господарство, поштова та кур'єрська діяльність, сільське господарство, лісове господарство та рибне господарство, оптова та роздрібна торгівля; ремонт автотранспортних засобів і мотоциклів. Майже на одному рівні спостерігається рівень травматизму у металургійному виробництві, будівництві та постачанні електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря [1].

На рис. 1.1 наведено розподіл кількості потерпілих від нещасних випадків за даними актів Н-1, пов'язаних з виробництвом, за найбільш травмонебезпечними причинами, що призвели до нещасного випадку за січень - вересень 2020 року. Згідно цих даних, до основних причин виникнення нещасних випадків відносяться організаційні (56,7 %),

психофізіологічні (19,2 %), технічні причини (8,1 %), техногенні причини (1,8 %), інші причини (14,2 %) [1].

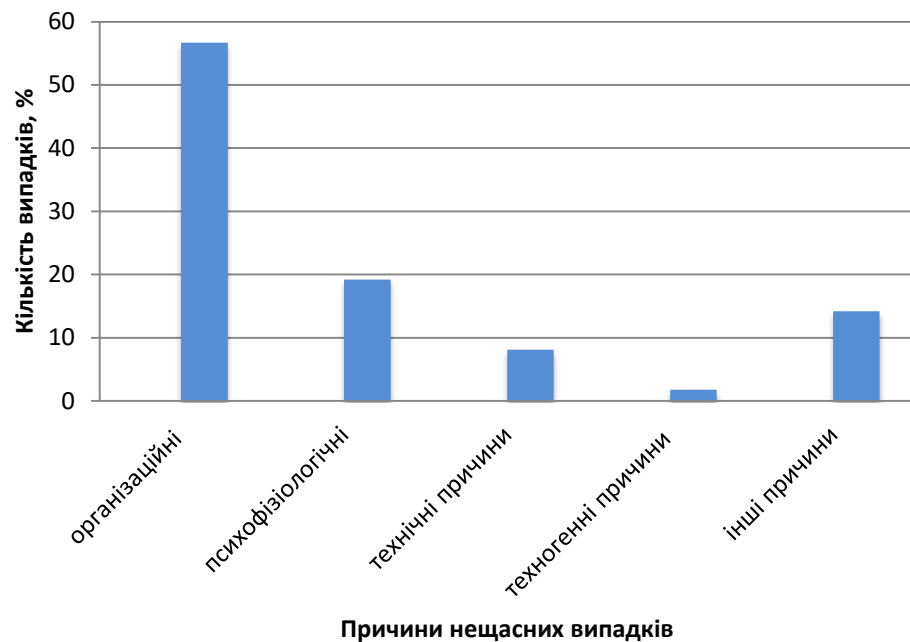


Рисунок 1.1 – Діаграма розподілу причин нещасних випадків, що пов'язані з виробництвом (січень- вересень 2020 р.)

До організаційних причин виникнення нещасних випадків пов'язаних з виробництвом відносять :

- невиконання вимог інструкцій з охорони праці;
- порушення вимог безпеки під час експлуатації транспорту загального користування (автомобільного, водного, залізничного, повітряного);
- невиконання посадових обов'язків;
- інші організаційні причини;
- порушення технологічного процесу;
- порушення вимог безпеки під час експлуатації обладнання, устаткування, машин, механізмів тощо;

З табл.1.1 видно, що відповідно до відсоткового розподілу подій, які складають організаційні причини, що призвели до нещасних випадків, які пов'язані з виробництвом основними причинами травмування є невиконання вимог інструкцій з охорони праці.

Таблиця 1.1 – Розподілу подій, які складають організаційні причини, що призвели до нещасних випадків, які пов'язані з виробництвом

Причини	Загальна кількість випадків		Смертельні випадки	
	Кількість випадків, шт	Відсотковий розподіл, %	Кількість випадків, шт	Відсотковий розподіл, %
Невиконання вимог інструкцій з охорони праці	1122	51,42	29,1	51,32
Порушення вимог безпеки під час експлуатації транспорту загального користування	215	9,85	5,6	9,88
Невиконання посадових обов'язків	202	9,26	5,2	9,17
Інші організаційні причини;	154	7,06	4,0	7,05
Порушення технологічного процесу	105	4,81	2,7	4,76
Порушення вимог безпеки під час експлуатації обладнання, устаткування, машин, механізмів тощо	85	3,90	2,2	3,88

Відповідно до Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці (НПАОП 0.00-4.12-05) [2] під час проведення первинного інструктажу з охорони праці відбувається роз'яснення працівникам інструкцій з охорони праці. Відповідно до цього можна зробити висновки про неналежну організацію на підприємствах первинного інструктажу з охорони праці.

Але на практиці на виробництві спостерігається одночасний вплив декілька причин на виникнення нещасних випадків. Так, аналіз причин нещасних випадків, пов'язаних з виробництвом, що відбулися за останні 5 років на підприємстві Концерн "Міські теплові мережі" (м. Запоріжжя) показав, що невиконання вимог інструкцій з охорони праці поряд з незадовільним технічний станом, у тому числі – виробничих об'єктів, будівель, споруд, інженерних комунікацій, території (технічні причини) та

особистою необережністю потерпілого (психофізіологічні причини) обумовлює 50 % всіх нещасних випадків за формою Н-1.

Відповідно до статистичних даних по галузі постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря за 5 років відбувається розподіл за статтю травмованих робітників, який наведено на рис. 1.2 [2].

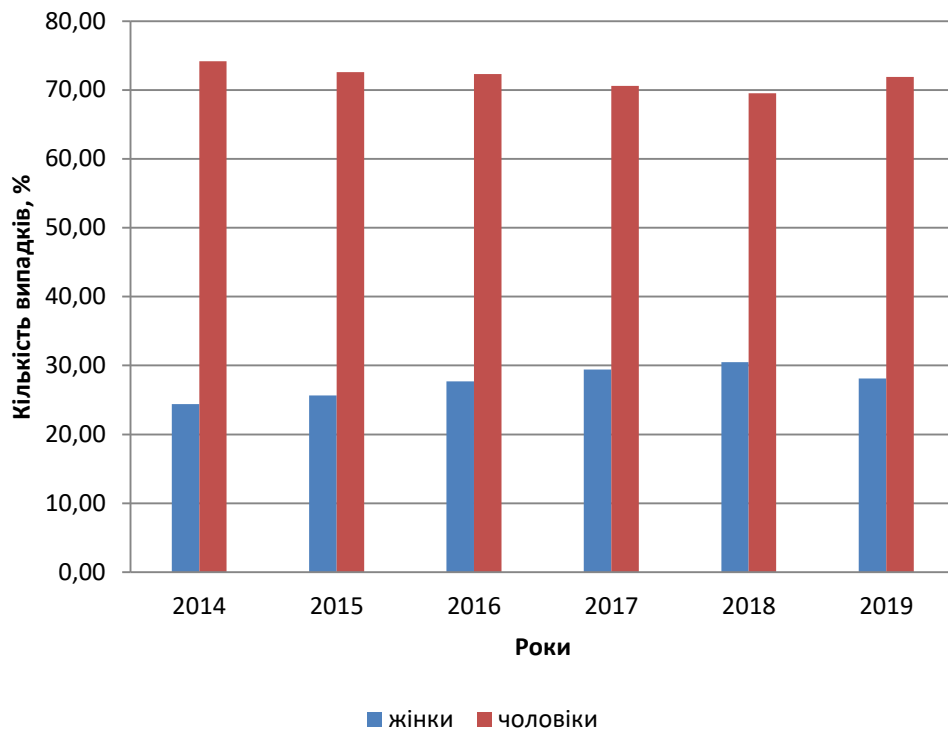


Рисунок 1.2 - Розподіл за статтю травмованих робітників за 5 років у галузі (в Україні)

Аналіз статистичних даних Концерну "Міські теплові мережі" (м. Запоріжжя) показав таку ж тенденцію розподілу на підприємстві нещасних випадків за статтю, але в цілому по Україні (за 9 місяців 2020) відбувається більш рівний розподіл нещасних випадків серед чоловіків та жінок (54,8 % чоловіків та 45,2 % жінок від загальної кількості травмованих) [1].

В Україні найвищий рівень виробничого травматизму відбувається серед працівників віком від 50 до 59 років (дані за 9 місяців 2020 року). Таку саму тенденцію показав аналіз статистичних даних з Концерну "Міські теплові мережі" (м. Запоріжжя). Це пояснюється тим що саме в цьому віці люди мають більш повільну реакцію ніж молодші робітники.

Всі технологічні процеси при виробництві теплової енергії поділяють на 3 види: типові, одиничні, групові. На рисунку 1.3 наведена статистика розподілу рівню травматизму за видом технологічного процесу (встановлена при обробці практичних даних). З даного рисунку видно, що значна частка травмування припадає на типовий технологічний процес.



Рисунок 1.3 - Розподілу рівню травматизму за видом технологічного процесу при виробленні теплової енергії

Основним устаткуванням при виробленні теплової енергії є: водогрійний котел, насос, підігрівач, деаератор, бак-акумулятор, охолоджувач [3]. Теоретичний аналіз показав, що найбільша кількість нещасних випадків відбувається при експлуатації котлів, рис. 1.4 [4-6].

За практичними даними встановлено, що під час експлуатації котлів при порушенні нормального протікання технологічного процесу найчастіше відбуваються наступні події: пожежа, вибух, отруєння. За даними робіт [4-65] встановлено, що найбільш часто відбуваються пожежі (рис.1.5).

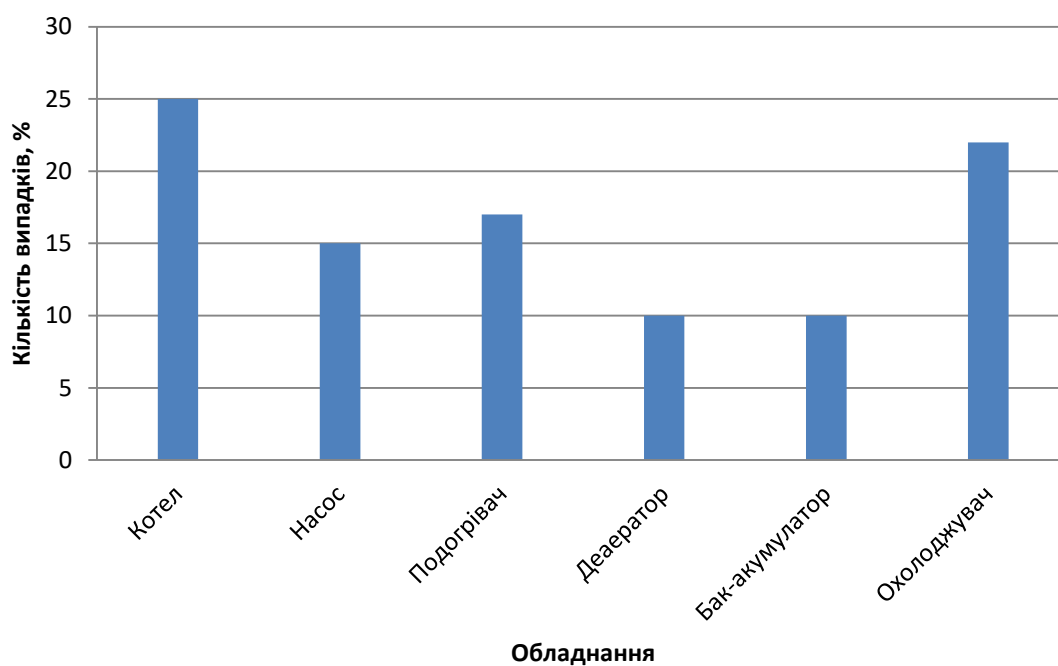


Рисунок 1.4 – Розподіл нещасних випадків



Рисунок 1.5 – Вірогідність подій під час експлуатації котлів

За даними наведеними в роботі [6], найбільш вірогідними травмами, які отримують робітники під час аварії у приміщенні котельної є опіки (рис.1.6). Саме такий розподіл видів травм також пояснюється тим, що найбільш вірогідною подією яка може статися в котельній – це пожежі.

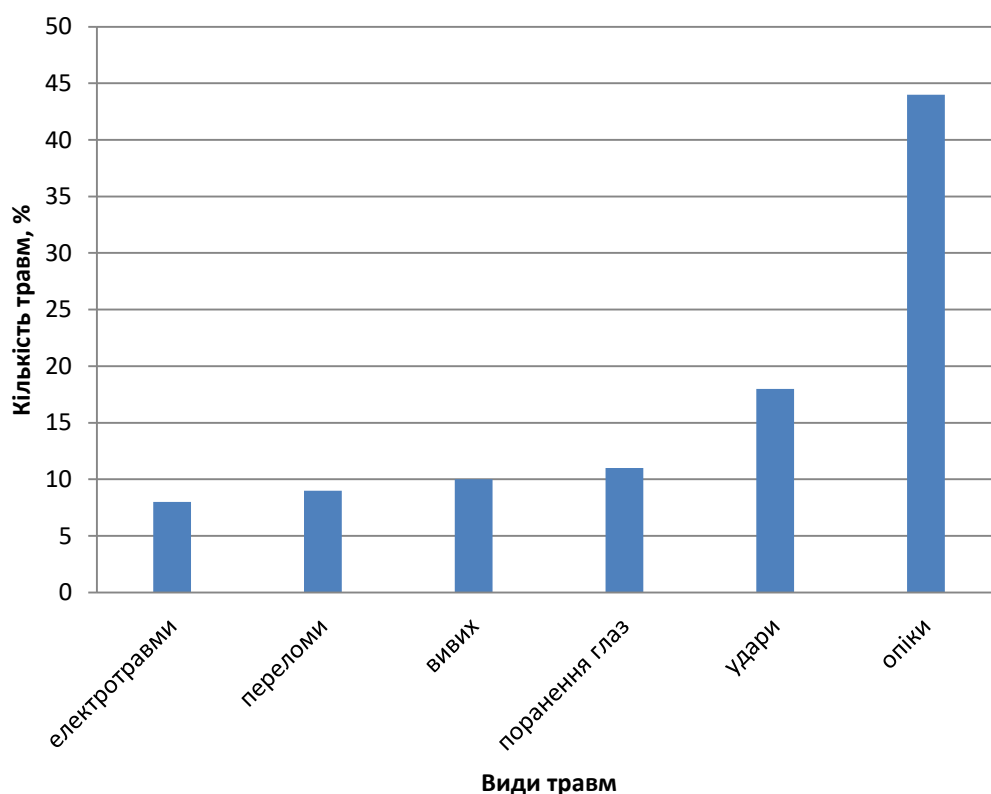


Рисунок 1.6 – Розподіл травм за кількістю

Таким чином, проведений теоретичний аналіз дав можливість виявити найбільш впливові на нещасні випадки причини та події, встановити їх закономірність та вірогідність їх повторення, визначитись з першочерговими заходами з охорони праці для зменшення рівня травматизму на підприємствах по виробленню теплової енергії.

1.2 Використання статистичного методу оцінки рівня травматизму на підприємствах

Найбільш поширеним методом аналізу рівня травматизму та професійної захворюваності на підприємствах є статистичний. Даний метод ґрунтується на вивченні кількості нещасних випадків від різних зовнішніх факторів, які призвели до виникнення травми працівника. До основних показників, які визначаються при використанні статистичного методу відносять [7]:

- коефіцієнт частоти травматизму, який визначається за формулою:

$$K_{\text{ч}} = \frac{T \cdot 10^3}{N}, \quad (1.1)$$

де T – кількість травмованих за проаналізований період, чол;

N – середньосписочна кількість працюючих за проаналізований період, чол.

- показник тяжкості травматизму:

$$K_{\text{т}} = \frac{D}{T}, \quad (1.2)$$

де D – загальне число днів непрацездатності за проаналізований період, днів.

- показник частоти захворюваності визначається за формулою:

$$K_{\text{з}} = \frac{3 \cdot 100}{N}$$

де 3 – число захворювань за проаналізований період, чол.

- показник тяжкості захворювання:

$$K_{\text{т.з}} = \frac{D_{\text{з}} \cdot 100}{3}$$

де $D_{\text{з}}$ – загальне число днів непрацездатності, днів.

Дані обчислення проводяться на базі даних актів Н-1. За практичними даними, отриманими на підприємстві проводимо за формулами 1.1 та 1.2 обрахування коефіцієнт частоти травматизму та показники тяжкості травматизму за період 2015-2019 р.р. Результати розрахунків наведені на рис.1.7 та рис.1.8. Відповідно до отриманих даних, встановлено що

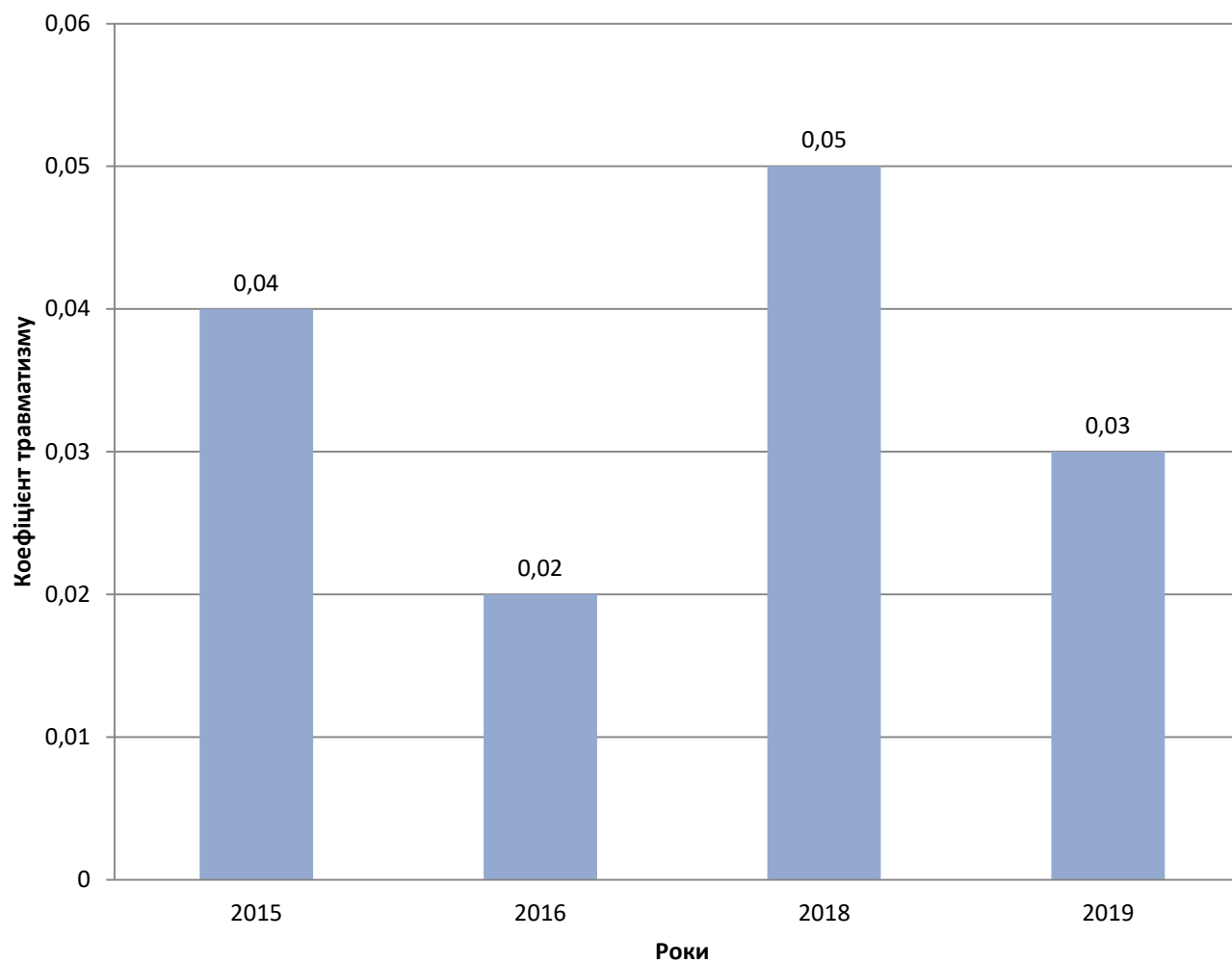


Рисунок 1.7 – Коефіцієнт частоти травматизму за період 2015-2019 р.р.

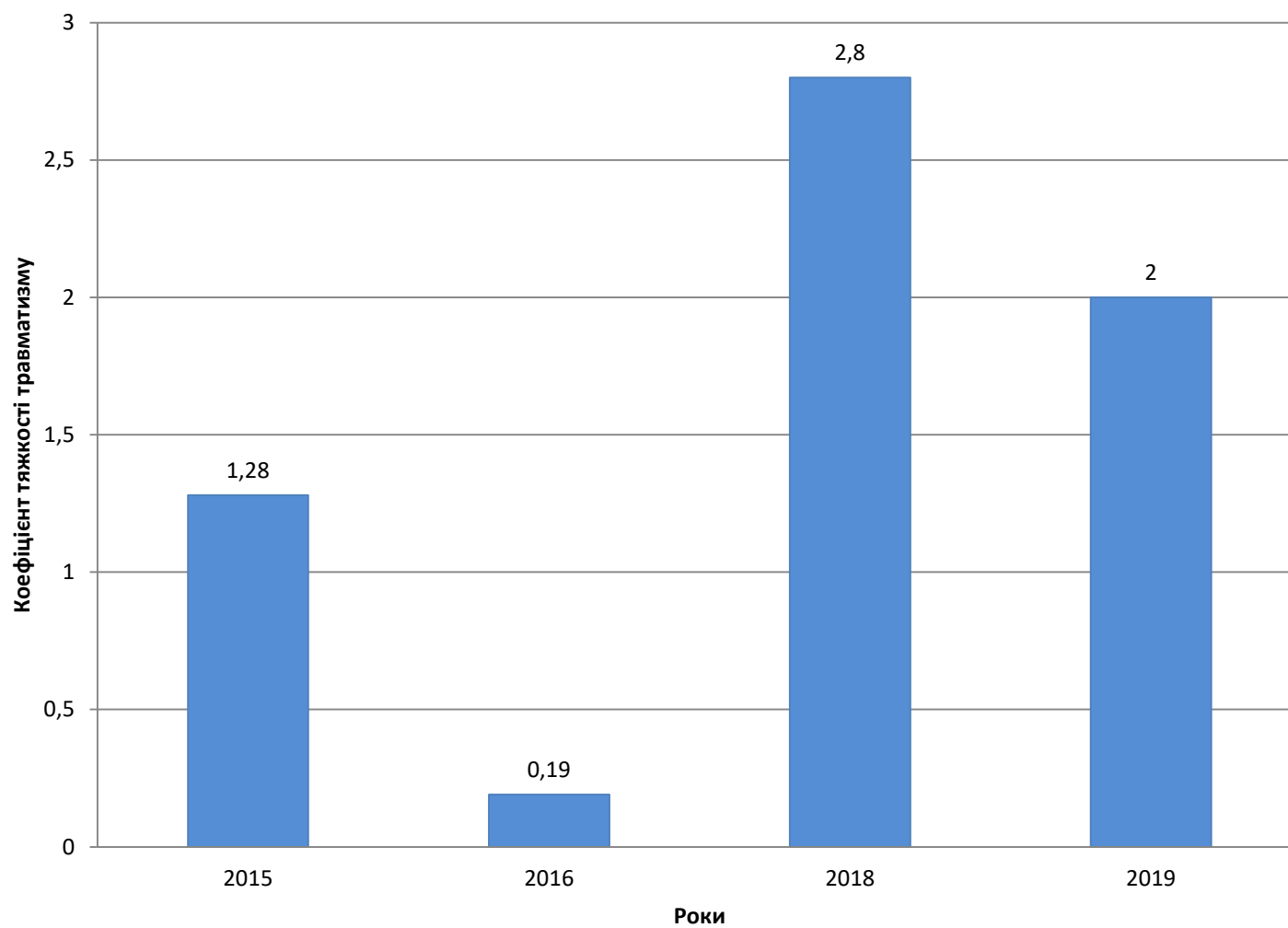


Рисунок 1.8 – Коефіцієнт тяжкості травматизму за період 2015-2019р.р.

найбільший коефіцієнт травмування на підприємстві 0,05 (2018 р). Дані для розрахунку відповідних коефіцієнтів по захворюваності не були надані.

При цьому максимальне значення коефіцієнту тяжкості відповідає також 2018 року та становить 2,8.

1.3 Висновки по розділу

Відповідно до проведеного теоретичного аналізу, було встановлено, що на підприємствах по виробленню теплової енергії найбільш ймовірні аварії на котельних установках, найбільш вірогідні травми – опіки. За аналізом даних по актам Н-1 було що основними причинами травмування на даних підприємствах є організаційні, які відбуваються разом з технічними або психофізичними причинами. Обробка статистичних даних по актам Н-1 та даних підприємства показала, що у 2018 році спостерігався найбільший коефіцієнт травмування на підприємстві 0,05, а максимальне значення коефіцієнту тяжкості відповідає також 2018 року та становить 2,8.

2 ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ ПРАЦІ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ПО ВИРОБЛЕННЮ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ

2.1 Характеристика технології виробництва теплової енергії

Сучасна централізована система тепlopостачання в своєму складі має наступні елементи: джерела тепла, теплові мережі і місцеві системи споживання. До місцевих систем споживання відносять системи опалення, вентиляції та системи гарячого водopостачання. В якості джерел тепла для централізованого тепlopостачання використовують: теплоелектроцентралі (ТЕЦ) і районні котельні (РК). В теплоелектроцентралі відбувається комбіноване вироблення тепла і електроенергії. Технологічні ланки ТЕЦ наступні [8] (рис.2.1):

- тепло водяної пари використовують для отримання електроенергії при розширенні пари в турбінах;
- тепло відпрацьованої пари, використовують для нагріву води в теплообмінниках.
- які складають устаткування теплофікації ТЕЦ [8]. Гаряча вода застосовується для тепlopостачання.

В роботі [8] зазначено, що ТЕЦ доцільно споруджувати лише при теплових навантаженнях більше 400 Гкал/г, а РК - 150÷200 Гкал/г.

У парові котли подається хімічна знесолена вода, одержувана в цеху хімічної водоочистки і природний газ. Газ є основним видом палива, а в аварійних ситуаціях використовується дизельне паливо, яке знаходиться в сховищі ТЕЦ, що складається з чотирьох баків загальною ємністю 90 тис.м³. У котлах, в результаті хімічної реакції горіння палива, вода, що протікає в екранних трубах котла, перетворюється на пару. Пар по трубопроводу надходить в турбіну, де потенційна енергія пари перетворюється в механічну роботу обертового ротора. В генераторі механічна робота ротора перетворюється в електричну енергію [9]. Електроенергія через трансформатори передається в лінії електропередачі. Частина відпрацьованої

пари в турбіні надходить в мережевий підігрівачі і гріє воду на опалення і гаряче водопостачання.

Залежно від характеру теплових навантажень котельні поділяють розділяють наступним чином: промислові, опалювальні, промислово-опалювальні.

Робота опалювальної котельної. Принципова тепла схема опалювальної котельної наведено на рис. 3.2. Вода зі зворотної лінії теплових мереж з невеликим тиском поступає на всмоктування мережного насоса 2. Туди ж підводиться вода від підживлювального насосу 6, що компенсує витоки води в теплових мережах. На всмоктування насоса 2 подається і гаряча вода, тепло якої частково було використано в теплообмінниках 9 і 4 для підігріву, відповідно, хімічно очищеної і сиріої води. Для забезпечення заданої з умов попередження корозії температури води перед котлом в трубопроводі за мережним насосом подають за допомогою рециркуляційного насоса 12 необхідну кількість гарячої води, що вийшла з водогрійного котла 1.

При всіх режимах роботи теплової мережі, окрім максимального - зимового, частину води із зворотної лінії після мережного насоса 2, минаючи котел, подають по перепускній лінії в подавальну магістраль, де вона, змішавшись з гарячою водою з котла, забезпечує задану розрахункову температуру в подавальній магістралі теплових мереж. Вода, призначена для заповнення витоків в теплових мережах, заздалегідь подається насосом сиріої води 3 в підігрівач сиріої води 4, де вона підігрівається до температури $18 \div 20$ °C і потім прямує на хімводоочистку. Хімічно очищена вода підігрівається в теплообмінниках 8, 9 і 11 і деаерується в деаераторі 10 (рис.2.3).

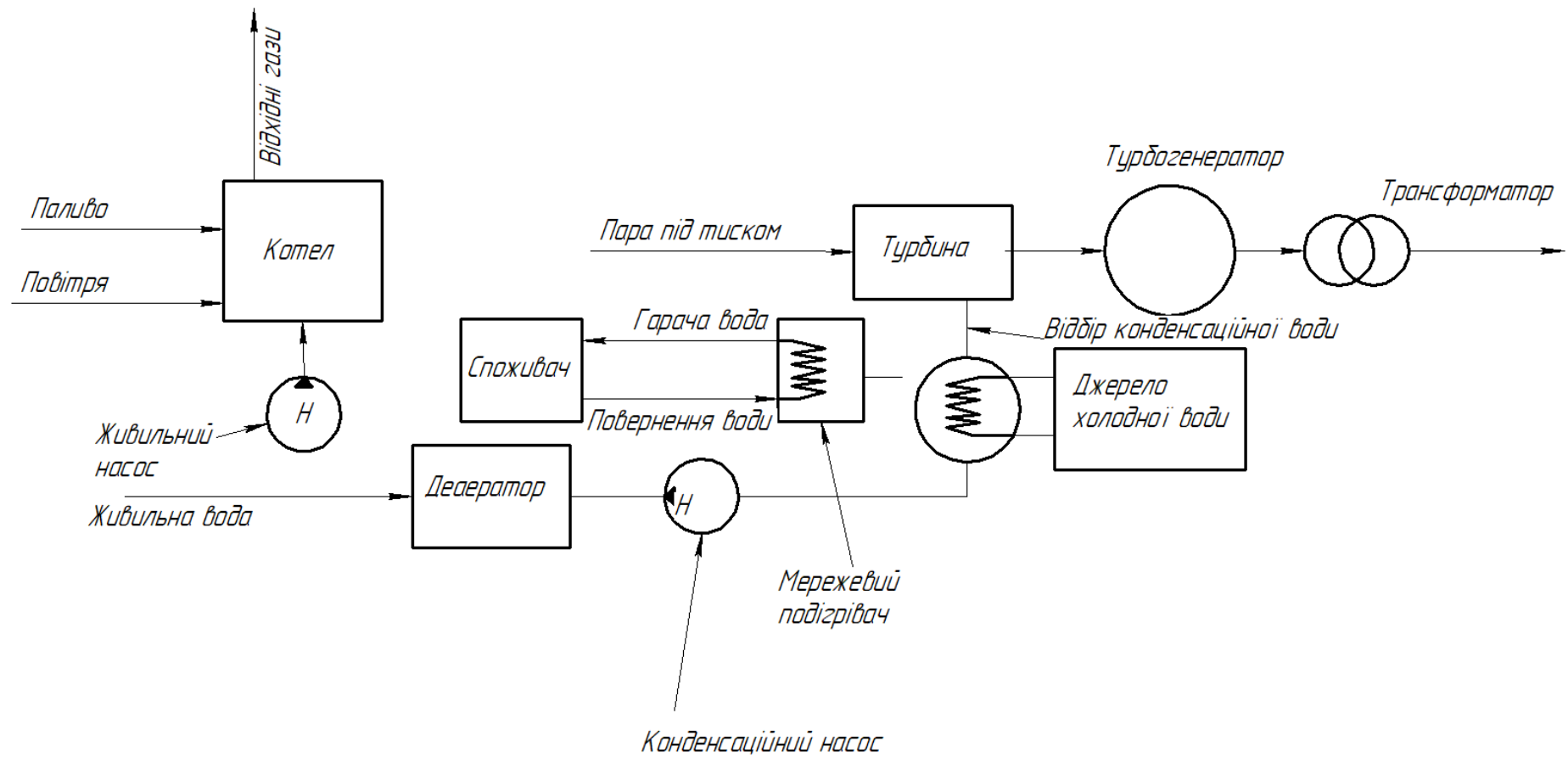
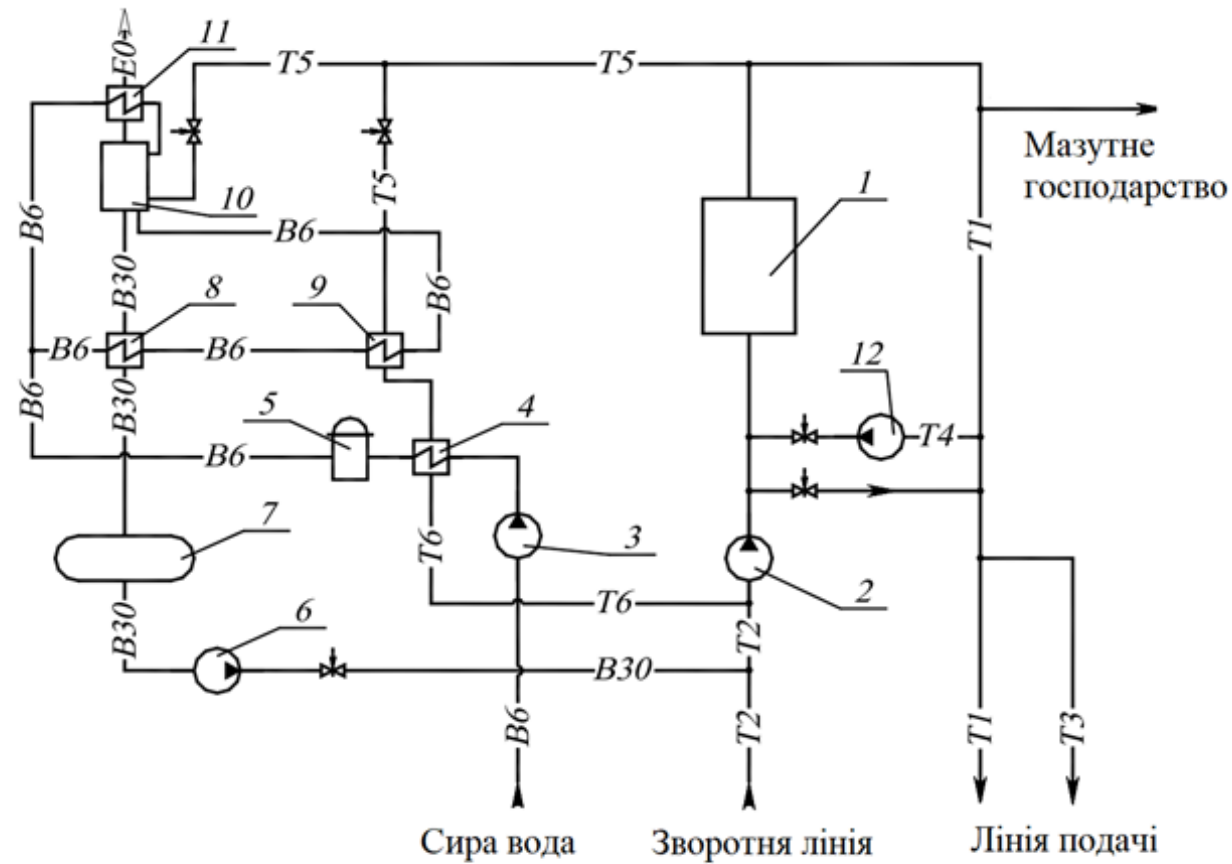


Рисунок 2.1 – Технологічна схема роботи ТЕЦ на природному газі



1 – водогрійний котел; 2 – мережний насос; 3 – насос сирі води; 4 – підігрівач сирі води; 5 – хімводоочистка; 6 – підживлювальний насос; 7 – бак деаерованої води; 8 – охолоджувач деаерованої води; 9 – підігрівач хімічноочищеної води; 10 – деаератор; 11 – охолоджувач випару; 12 – рециркуляційний насос

Рисунок 2.2 - Схема роботи котельні з водогрійними котлами

Воду для підживлення теплових мереж з бака деаерованої води 7 забирає підживлювальний насос 6 і подає в зворотну лінію.



Рисунок 2.3 – Загальний вигляд деаератору

Необхідність застосування аераторів у котельній обумовлено необхідністю досягнення довговічності та якості роботи гідравлічної системи. Через загазованості води виникають різні несправності в системі. Деякі з них можуть привести до витoku води або газу або зовсім вивести систему з ладу. Наявність газових бульбашок у воді призводить до неякісної роботи насосів, форсунки і погіршує функції гідравлічної системи. Встановити деаератор в котельні вийде дешевше, ніж часто ремонтувати систему.

Деаератор застосовують в усіх котельнях, так як налагоджує стабільну і правильну роботу системи. В котельній, яка розглядається у кваліфікаційній роботі застосовують хімічну деаерацію. При цьому в воду додають реагенти, внаслідок чого з води віддаляються зайві гази. Деаератори мають загальний

двоступінчастий пристрій. Таким чином, в бак потрапляє вода, де вона протікає через мембрани, а потім очищається від домішок. Хімічна вода, яка знаходиться в баку, не дає утворюватися різним природним домішкам в теплоносії.

В енергетичній галузі є кілька видів установок, які класифікують за наступними параметрами:

- за видами палива, яке використовується;
- за видами енергоносіїв;
- за типами будови;
- за видами автоматизації.

Газові котельні мають наступні переваги: використання маловагої обладнання для паливної подачі і шлаковидалення, достатньо доступне паливо (газ), можливість автоматизувати робочі процеси.

Твердопаливні котельні мають такі переваги: низька ціна котельного обладнання та доступність палива (вугілля, торф, брикети і т.д.). Але в таких установках відсутня автоматизація подачі палива і своєчасне видалення продуктів переробки, золи та шлаків.

Рідкопаливні котельні працюють за рахунок відпрацьованих мастил, мазуту, нафти і дизельного палива.

Котельні установки за видами енергоносіїв поділяють на наступні види:

- парові котельні мають у якості енергоносія гарячу пару та застосовуються в промисловій діяльності для забезпечення процесів виробництва;

- водогрійні котельні використовують для постачання гарячої води житлових, комунальних і промислових будівель. Вода в них нагрівається до + 115 °С;

- комбіновані котельні. Тут задіяно поєднання парового і водогрійного котельного обладнання для покриття потреб підприємства.

Для централізованого теплопостачання водогрійні котли виконуються як водотрубними, так і газотрубними.

В магістерській роботі розглянута котельня, що розташована по вул. в Дніпровському районі м. Запоріжжя та слугує для забезпечення гарячою водою та опаленням споживачів Дніпровського району. Котельня обладнана водогрійними котлами ТВГМ-30 у кількості 3-х штук (котел ТВГМ-30 № 1 – виведено з експлуатації), двома котлами Б-25/15-ГМ № 2,3 (котел Б-25/15-ГМ № 1 ліквідований та котли Б-25/15-ГМ № 2,3 виведені з експлуатації) та двома котлами RIELLO RTQ 2000 № 1,2. Одночасна робота котлів ТВГМ-30 № 2,3 та RIELLO RTQ 2000 № 1,2 не передбачається.

2.1.1 Характеристика котлів ТВГМ

Водогрійні котли типу ТВГМ призначені для отримання гарячої води з температурою до 150 ° С і тиском до 1,75 МПа. Котли встановлюються в районних опалювальних і великих опалювально-виробничих котельнях в якості основного джерела тепла, а також на ТЕЦ [10].

Позначення ТВГМ-30 має наступне розшифрування:

Т - теплофікаційний;

В - водогрійний;

ГМ - газомазутний;

30 - максимальна (номінальна) теплопродуктивність в Гкал / год.

Трубна система котла ТВГМ-30 наведена на рис. 3.4.

Котли складаються з камери згоряння і конвективної шахти, що з'єднуються між собою поворотною камерою. Всі зовнішні і проміжні стінки котла, крім бічних стін конвективної частини, екрановані трубами діаметром 60x3 мм з кроком рівним 64 мм. На бічних стінках камери згоряння котла типу ТВГМ-30 в 2 ряди встановлені 6 газомазутних пальників. Топка котлів обладнана одним запобіжним вибуховим клапаном.

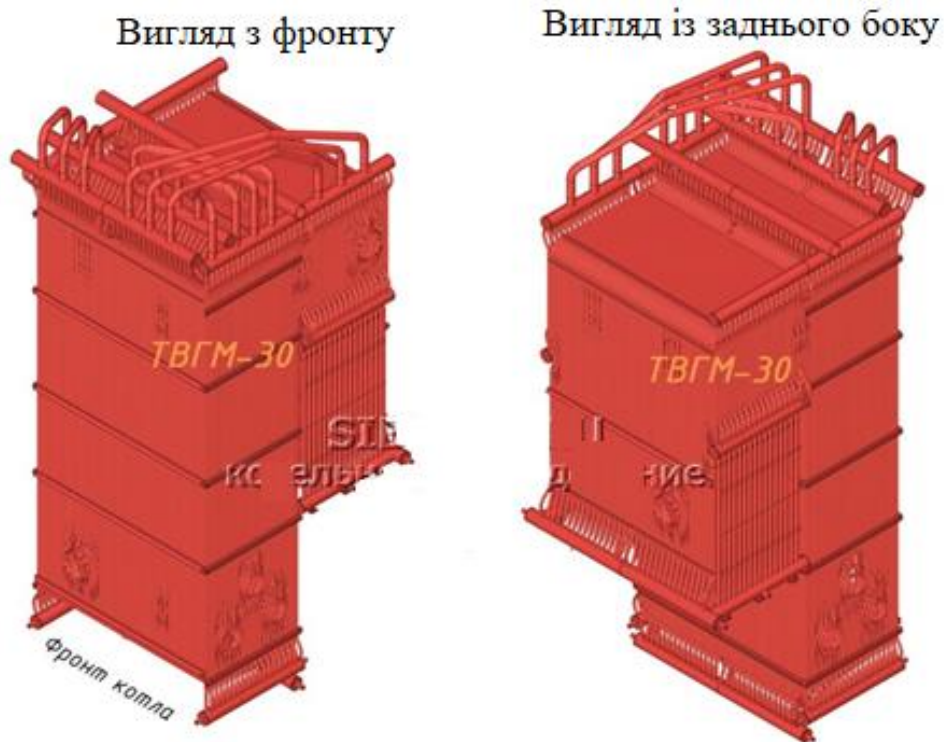


Рисунок 2.4 - Система трубна котла ТВГМ-30

Для огляду і ремонту топки передбачений один лаз в фронтівій стінці. Бічні стінки конвективної шахти в районі розташування конвективних пакетів захищені трубами діаметром 83x3,5 мм з кроком рівним 128 мм.

Конвективна частина котлів виконана з шаховим розташуванням труб, діаметром 28x3 мм, з кроками 64 і 40 і складається з двох пакетів по ходу газів.

Для зручності ремонту та огляду розрив між пакетами становить - 700 мм, а висота пакета становить - 1000 мм.

У розриві між пакетами і над верхніми змійовиками в поворотній камері передбачені лази.

Над конвективною частиною встановлюються два запобіжних вибухових клапана.

Таблиця 3.1 - Технічна характеристика котлу ТВГМ-30

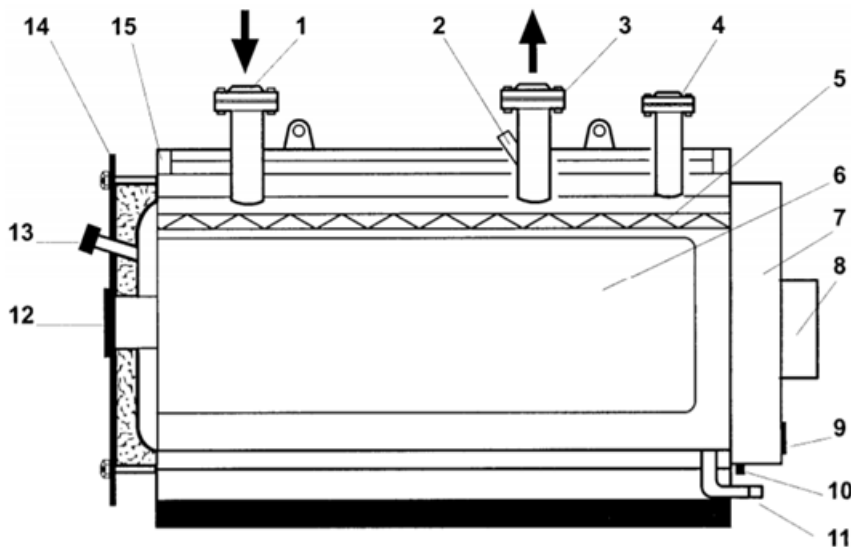
№	Найменування	Розмірність	Значення
1	2	3	4
1	Теплопродуктивність	МВт	35
2	Вид палива		Газ/мазут
3	Температура води на вході	°С	70
4	Температура води на виході	°С	150

Кінець табл.3.1

1	2	3	4
5	Розрахунковий (надлишковий) тиск води на вході в котел	МПа	2
6	Мінімальний (надлишковий) тиск на виході з котлу	МПа	0.9
7	Гідравлічний опір, не більш	МПа	0.25
8	Витрата води через котел	т/год	370
9	Витрата палива, природний газ	нм ³ /год	3880
10	Витрата палива, мазут	кг/год	3700
11	Діапазон регулювання теплопродуктивності	%	20-100
12	ККД котлу, газ/мазут, не менш	%	91,8/88,1
13	Температура відхідних газів, газ/мазут	°С	150/237

2.1.2 Характеристика котлів марки RIELLO RTQ

Сталеві котли марки RIELLO RTQ [11] мають горизонтальну інверсійну камеру згоряння з концентричним розташуванням димогарних труб (рис.2.5). Ці котли служать для нагріву води в теплофікаційних цілях і мають високий ККД. Вони призначені для обігріву приміщень, а також для виробництва гарячої сантехнічної води при використанні бойлера-акумулятора.



1 – зворотній трубопровід; 2 - ніші з термостатичними балонами (датчиками приладів контролю і регулювання); 3 – прямий трубопровід; 4 – місце приєднання баку, що розширюється; 5 – турбулятори; 6 – камери згоряння; 7 – димозбірна камера; 8 – місце приєднання димоходу; 9 – дверцята для чистки; 10 – злив конденсату; 11 – злив з котлу; 12 – фланець пальника

Рисунок 2.5 - Сталеві котли марки RIELLO RTQ

Котли працюють під наддувом, що забезпечує рівномірність розподілу теплового потоку в камері згоряння. Геометрична форма топкового простору котлу спеціально розроблена для досягнення оптимального співвідношення між об'ємом камери згоряння і поверхнею теплообміну. Матеріали підібрані таким чином, щоб забезпечити максимальний термін служби котла. Усередині димогарних труб знаходяться турбулятори, виготовлені з нержавіючої сталі, які дозволяють регулювати тиск в камері згоряння і температуру димових газів. Вони рівномірно розподіляють теплове навантаження і оптимізують роботу пальника. Корпус котла має хорошу теплоізоляцію, що складається з скловати високої щільності. Для зручності і простоти технічного обслуговування і операцій з очищення внутрішніх елементів котла, він має дверцята на передній панелі і дверцята на димовбирній камері. Дверцята на передній панелі можна відкрити не демонтуючи пальник.

Таблиця 3.2 - Технічна характеристика котлу RIELLO RTQ-2000

№	Найменування	Розмірність	Значення
1	Теплопродуктивність	кВт	2570
2	Вид палива		Газ/мазут
3	Корисна тепла потужність	кВт	2360
4	Температура води на виході	°С	110
5	Максимальний робочий тиск	бар	6
7	Гідравлічний опір, не більш	мбар	7,2
8	Мінімальна допустима температура води в зворотньому трубопроводі	°С	55
11	Масова витрата димових газів	кг/с	1,15
12	ККД котлу, не менш	%	91,8
13	Температура відхідних газів, газ/мазут	°С	180

2.2 Оцінка умов праці робітників задіяних на виробництві теплової енергії

В якості палива в котельній, що досліджується, використовується природний газ. Загальна гігієнічна характеристика умов, важкості і

напруженості праці персоналу котельні отримана на основі аналізу та узагальнення даних робіт [4-6].

Умови праці машиністів-операторів котельної ускладнює наявність джерела тепловиділень - котлів. Аналіз результатів показав, що температура повітря в котельних відділеннях в теплий період року становить 26-43 ° С, відносна вологість 17-53 %, швидкість руху повітря змінюється від 0,5 до 2,6 м/с, встановлені показники перевищують допустимі значення параметрів мікроклімату (згідно ДСН 3.36.042-99) [10].

Відповідно до ДСН 3.36.042-99 мікроклімат повітря робочої зони повинен відповідати параметрам, що наведені у табл. 3.3. Енерговитрати машиніста-оператора котельної відповідають енерговитратам для категорії робіт – середньої важкості.

Таблиця 3.3 – Оптимальні і допустимі норми температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень [10]

Період року	Категорія робіт	Температура, °С				Відносна вологість, %		Швидкість руху, м/с		
		Оптимальна	допустима				Оптимальна	Допустима на робочих місцях постійних і непостійних, не більш	Оптимальна	Допустима на робочих місцях постійних і непостійних
			Верхня межа		Нижня межа					
			На робочих місцях							
Постійних	Не постійних	Постійних	Не постійних	Оптимальна	Допустима на робочих місцях постійних і непостійних					
Холодний	Середньої важкості-Па	18-20	23	24	17	15	40-60	75	0,2	Не більше 0,5
	Середньої важкості-Пб	17-19	21	23	15	13	40-60	75	0,2	
Теплий	Середньої важкості - Па	21-23	27	29	18	17	40-60	65 (при 26 °С)	0,3	0,2-0,4
	Середньої важкості - Пб	20-22	27	29	16	15	40-60	70 (при 25 °С)	0,3	0,2-0,5

Несприятливі перепади параметрів виробничого мікроклімату в котельних відділеннях обумовлені наявністю численного обладнання, яке несе тепло. Висока температура повітря і низька відносна вологість в котельній пояснюється значними конвективними і радіаційними тепловиділеннями від обладнання. Повітря в котельні надходить через віконні прорізи, фрамуги і видаляється через аераційні ліхтарі (дефлектори) стельових перекриттів.

У зв'язку з великими витратами повітря, що подається механічним шляхом в котли для підтримки горіння палива, тому повітря в котельних перебуває під розрядженням. Внаслідок цього зовнішнє повітря через віконні прорізи та фрамуги надходить в цеху з великою швидкістю, обумовлюючи тим самим підвищену рухливість повітряних потоків на багатьох робочих ділянках.

Несприятливі мікрокліматичні умови в котельнях також обумовлені наявністю основного і допоміжного обладнання, огорож, перекриттів, температура поверхонь яких істотно перевищує гігієнічні нормативи. Та в котельнях температура поверхонь котлів в теплу пору року становить 27-250 ° С, перекриттів, огорожень - 17-85 ° С, в холодний період - 11-150 ° С і 14-76 ° С відповідно. Інтенсивність теплового випромінювання в котельнях - 250-2500 Вт/м². Спалювання в котлах газу може супроводжуватися надходженням в повітря робочої зони оксиду вуглецю, нікелю, ванадію, діоксиду сірки, оксиду азоту, вуглеводнів, аміаку, сірководню, тріоксікрезилфосфата та інших хімічних речовин. У разі існування поломки (аварій) в газопроводах газ може надходити до цеху. У таблиці 3.4, згідно з дослідженнями, які проведені в роботах [4-6], наведені дані щодо вмісту шкідливих речовин в повітрі робочої зони котельні.

ГДК в повітрі робочої зони: оксид вуглецю - 20,0 мг / м³, діоксид сірки - 10,0 мг / м³, оксид азоту - 5,0 мг / м³.

Результати досліджень за вказаними параметрами повітряного середовища показали, що концентрації більшості із зазначених речовин

знаходяться на рівні гранично допустимих, а оксиду вуглецю іноді (5-7% проб) перевищують допустимі.

Таблиця 3.4 - Вміст шкідливих речовин в повітрі робочої зони котельні

Цех (відділення)	Оксид вуглецю, мг/м ³	Діоксид сірки, мг/м ³	Вуглеводні, мг/м ³	Оксиди азоту, мг/м ³
Котельні	1,1-51,0	0-4,5	4,0-9,0	0,03-0,50
Хімічного водоочщення	не виявлено	0-10,1	не виявлено	0-0,05

Гігієнічна оцінка на робочих місцях персоналу виявила, що провідними несприятливими фізичними факторами виробничого середовища є неіонізуючі електромагнітні поля і випромінювання, шум, вібрація, освітленість. Так, кабельні мережі, які знаходяться під напругою, електротехнічне обладнання, що постійно працює, створюють високі рівні напруженості електричного поля, але вони не перевищують нормативів.

Робота агрегатів супроводжується постійним високо- і низькочастотним шумом в приміщеннях котелень. Рівні шуму в котельнях, як показали дослідження, знаходяться в певній залежності від потужності обладнання, виду палива, що використовується. У котельнях досить численне обладнання є джерелом інтенсивного шуму - котли насоси, димососи, газоочисні установки, трубопроводи, вентиляційне обладнання. Найбільш високі рівні шуму були зареєстровані на робочих місцях машиністів котлів до 100 дБА [4-6].

Вимірювання освітленості на робочих місцях показало, що вона нижче рівня гігієнічних вимог, відповідно до ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення». З якісної сторони штучне освітлення на всіх ділянках котелень є низьким, що не відповідає вимогам санітарних норм (наявність прямої «блескості», значної нерівномірності, недостатній інтенсивності).

В результаті аналізу практичних даних і даних робіт [4-6] та відповідно до Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» [11] було проведено оцінювання класу умов праці в котельнях. Для кожного з факторів трудового процесу було визначено клас умов праці (табл. 3.5): за хімічним фактором він відповідає класу 3.2. Хімічний фактор в котельні є найбільш небезпечним і вагомим щодо впливу його на організм працівників. Загальна оцінка умов праці відповідає 3-му класу 3-го ступеня (наявність 3 факторів класу 3.2 і 3 факторів класу 3.1)

Клас 3.2 - це умови праці характеризуються такими рівнями шкідливих факторів виробничого середовища і трудового процесу, які призводять, окрім зростання виробничо-обумовленої захворюваності, до розвитку професійних захворювань, як правило, легкого та середнього ступенів важкості (з втратою професійної працездатності в період трудової діяльності).

Таблиця 3.5 – Характеристика умов праці робітників котелень [4-6]

и	Фактор	Класи умов праці				
		Опти мальні	Допу стимі	Шкідливі		
				3.1	3.2	3.3
1	2	3	4	5	6	
	Мікроклімат				+	
	Хімічні речовини			+		
	Важкість праці			+		
	Напруженість праці				+	
	Шум				+	
	Освітленість			+		

2.3 Оцінка стану пожежної безпеки та електробезпеки в котельних міста

Оскільки найбільшу ймовірність аварій в котельних становлять пожежі, то розглянемо умови пожежної безпеки в котельнях. Котельні установки розміщують в будинках, які окремо розміщено, I ступеня (допускається і II ступінь) вогнестійкості. За характеристикою пожежної небезпеки технологічного виробництва приміщення котелень відповідають категорії Г, до якої відносяться виробництва, пов'язані зі спалюванням твердого, рідкого та газоподібного палива.

Всі вихідні двері повинні відкриватися назовні, а двері з підсобних приміщень - всередину котельні. Вихідні двері з котельні не мають мати внутрішніх запорів і повинні відкриватися від натискання руки. Відстань від фронту котлів або виступаючих частин топок до протилежної стіни котельні повинна складати не менше 3 м. При цьому для котлів, що працюють на газовому паливі, відстань від пальників до стіни котельні повинна бути не менше 1 м.

Котельня, що працює на газовому паливі, не відноситься до вибухонебезпечних приміщень. Під час нормальної експлуатації в котельній відбувається розпалювання газових пальників відкритим вогнем, в топках підтримується висока температура, яка значно перевищує температуру займання горючих газів. Однак при різного роду аваріях, а також недотримання обслуговуючим та ремонтним персоналом вимог «Правил охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском» (Наказ Міністерства соціальної політики України 05.03.2018 № 333) [12] і експлуатаційних інструкцій в котельні або її частині можуть утворитися вибухонебезпечні концентрації газу. У котельних, що працюють на газовому паливі, площа закслених прорізів стін, світлових і вентиляційних ліхтарів повинна становити не менше 30% поверхні однієї з найбільших зовнішніх стін.

Для запобігання вибухів в котельнях встановлюють вибухові клапани. В якості вибухових клапанів в котельнях використовують вибухові клапани типу ПГВУ 091-80 [13] (рис.2.6). Дані клапани встановлюють для того, щоб запобігти руйнації енергетичних установок в разі вибуху горючих газів. Вибухові клапани можуть бути використані у вигляді вікна у вибухонебезпечних ділянках енергетичних установок. Даний отвір закривається спеціальною мембраною або стулками і може бути легко зруйновано під час вибуху або викиду.



Рисунок 2.6 – Конструкція вибухового клапану типу ПГВУ 091-80 [14]

Принцип роботи вибухових клапанів: в момент підриву газової суміші, при різкому збільшенні об'єму речовини всередині замкнутих систем, автоматично спрацьовує клапан вибуховий запобіжний. Мембрана клапану ПГВУ (рис.3.5) руйнується, це сприяє спаду тиску запобігаючи руйнуванню конструктивних елементів енергосистеми або трубопроводу [14].

Вибухових клапанів за типом конструкції поділяють на два типи [13]:

I тип. Це горизонтальні клапани, що мають алюмінієву або азбестову діафрагму;

II тип. Це також горизонтальні клапани, що мають алюмінієву або азбестову діафрагму, а також підйомну обичайку. Цей тип клапанів може бути використаний в зонах, в яких необхідно забезпечити підвищену безпеку обслуговуючого персоналу. Наприклад поблизу зон обслуговування і проходах.

В якості вибухових клапанів в котельні також використовуються засклені прорізи. Відомо, що звичайне віконне скло при подвійному і навіть одинарного скління витримує досить високі вибухові навантаження, табл. 3.6 [15]. Встановлено, що при площі скління $330 \text{ см}^2/\text{м}^3$ цегляна стіна товщиною 38 см руйнується раніше, ніж подвійне скління зі склом $\delta = 3 \text{ мм}$ і внутрішнім кріпленням в плетіннях («переплётках»).

Таблиця 3.6 – Розміри руйнівних навантажень в залежності від типу огорожень

№	Типи огороження	Руйнівне вибухове навантаження, кгс/см ²
1	Стіна товщиною 38 см при покритті масою $100 \text{ кг}/\text{см}^2$	0,150
2	Цегляна стінка, що вільно стоїть завтовшки 62 см	0,095
3	Залізобетонна стінка товщиною 12 см	0,060
4	Подвійне глухе скління товщиною 3 мм, площа $630 \text{ см}^2/\text{м}^3$	0,112
5	Подвійне глухе скління товщиною 3 мм, площа $330 \text{ см}^2/\text{м}^3$	0,204
6	Одинарне глухе скління товщиною 3 мм, площа $330 \text{ см}^2/\text{м}^3$	0,065
7	Одинарне глухе скління товщиною 2 мм, площа $330 \text{ см}^2/\text{м}^3$	0,053

Звідси випливає, що для швидкого скидання тиску, що утворюється під час вибуху газоповітряної суміші в приміщенні, і запобігання руйнуванню огорожувальних поверхонь і обладнання котельні рекомендується

проводити скління в поворотних плетіннях. Ці плетіння повинні вільно відкриватися при досягненні в котельні мінімально можливого тиску вибуху можна, використовуючи магнітні або пружинні замки [15]. Спеціальні дослідження про роботу отворів, які було заклопо, під час вибуху газоповітряної (пропаноповітряної) суміші були проведені кафедрою охорони праці МІСС [15]. Вони, зокрема, показали, що плетіння з верхніми і бічними шарнірами відкриваються при різних умовах. При пружинному замку розрахункове навантаження становить $0,005 \text{ кгс/см}^2$, плетіння з верхнім шарніром відкривався при надмірному тиску $0,031 (\pm 0,006) \text{ кгс/см}^2$, а з бічним - при $0,02 (\pm 0,002) \text{ кгс/см}^2$. Плетіння з верхнім шарніром відкривалося через $0,29 \text{ с}$ після моменту вибуху, а з боковим - через $0,25 \text{ с}$. Обидва плетіння відкривалися до того, як фронт полум'я досягав внутрішніх поверхонь камери (при подачі електроіскри в центрі об'єму). Поворот на 90° досягався плетінням з верхнім шарніром за $0,19 - 0,22 \text{ с}$, а з бічним - за $0,11 - 0,13 \text{ с}$.

Таким чином, плетіння з боковим шарніром за своєю ефективністю перевершували плетіння з верхнім шарніром за всіма показниками: тиску спрацьовування, швидкості і величиною відкриття.

Запорукою бездоганної експлуатації обладнання та комфортних умов праці персоналу також є дотримання електробезпеки в котельні.

Основними споживачами електроенергії котелень є електродвигуни насосів, а також димососів, вентиляторів. Електроустановки і їх частини повинні бути виконані таким чином, щоб працюючі не наражалися небезпечним і шкідливим впливам електричного струму і електромагнітних полів, і відповідати вимогам електробезпеки.

Відповідно до «Правил улаштування електроустановок» [16] котельня відноситься до другого класу приміщення по електробезпеці, тобто це приміщення підвищеної небезпеки.

Будинки котелень відносять до спеціальних об'єктів, які потребують проведення заходів по грамотному захисту від ураження електричним

струмом. Для запобігання виникненню негативних і небезпечних ситуацій необхідно дотримання певних нормативів:

- захисне заземлення всіх струмопровідних металевих елементів обладнання;
- занулення його конструктивних частин, які можуть опинитися під напругою через несправність ізоляції і до яких можуть випадково доторкнутися люди.

Важливим моментом є встановлення групи з електробезпеки у оператора котельні. Якщо він працює з установками, напруга яких не перевищує 1000 В, то професійний стандарт працівника позначається третьою групою, а ось експлуатація електроустановок з напругою понад 1000 В вимагає від оператора четвертої групи електробезпеки. Присвоєння груп проводиться комісією відповідно до певних правил, залежить від освіти та стажу роботи оператора.

Відповідно до проведеного аналізу стану електробезпеки на вищезазначеному підприємстві встановлено, що у даній котельні дотримуються всі вимоги відповідно до ПУЕ. На рис. 2.7 наведена схема заземлення котельної.

В якості заземлювачів використовують вертикальні електроди 12 шт довжиною 2,5 м, діаметром 40 мм. Вертикальні електроди з'єднано горизонтальною смугою 40x4, яку занурено у землю на відстань 0,5 м.

2.4 Рекомендації щодо поліпшення умов праці в котельних міста Запоріжжя

Основний і вирішальний фактор поліпшення параметрів микроклімату, а тим самим поліпшення умов праці - обладнання робочих місць ефективними системами загальної і місцевої вентиляції.

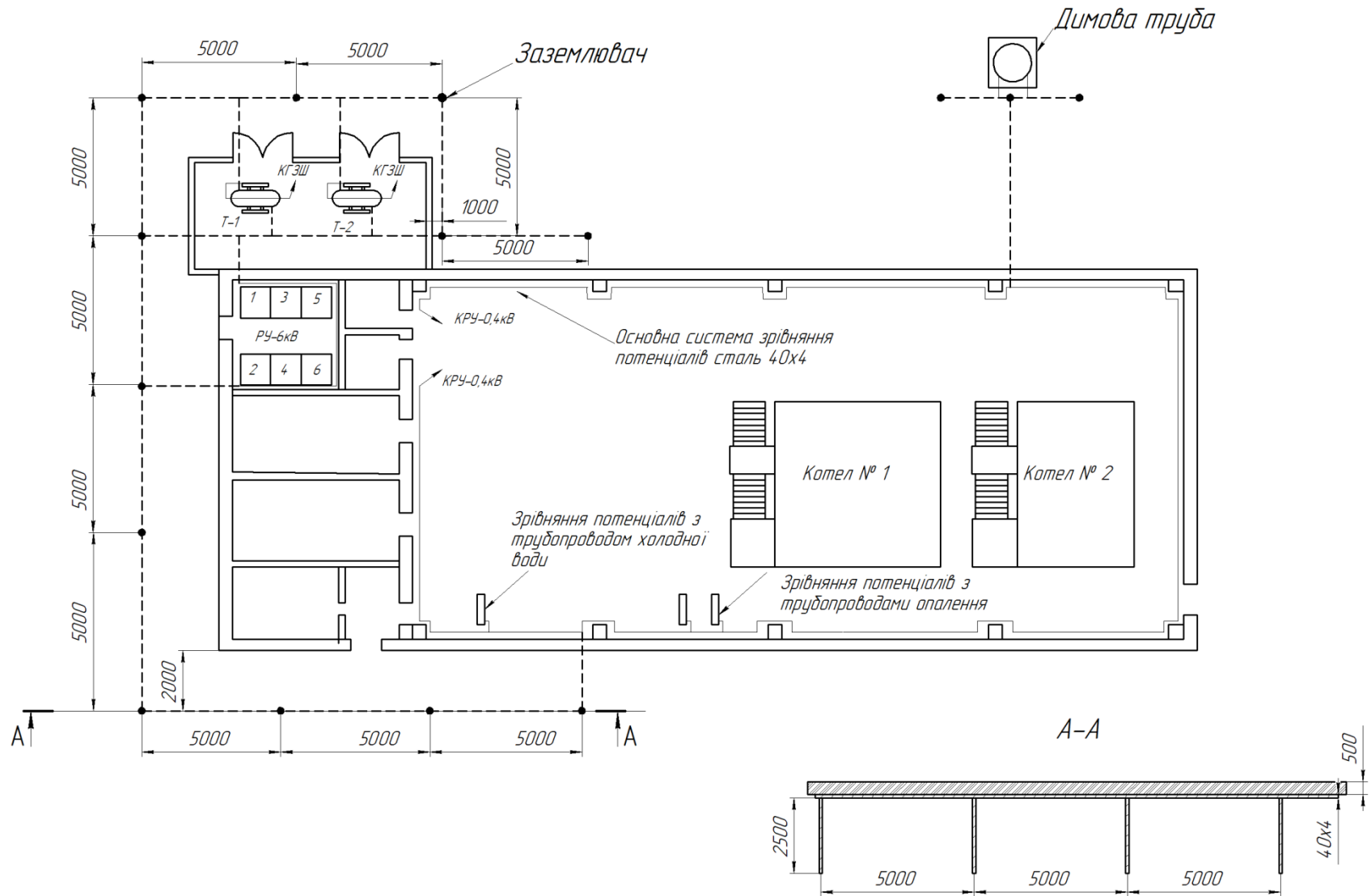


Рисунок 2.7 – Існуюча схема заземлення приміщення котельної

Вентиляція котельного залу повинна забезпечувати видалення надлишків теплоти, джерелами якої є самі котли, економайзери, підігрівачі повітря, гарячі трубопроводи та інше котельне обладнання. Кількість теплоти, що виділяється котлами та їх хвостовими поверхнями, визначається при тепловому розрахунку котлоагрегатів, як втрати від них в навколишнє середовище [15]. Видалення повітря з котельні зазвичай здійснюється дуттьовими вентиляторами з верхньої зони приміщення, вентиляторами дахового типу, витяжними шахтами типу, які не задувають (з дефлекторами), через віконні фрамуги верхнього світла або ліхтарі.

При цьому в холодну пору року кількість повітря, що забирається з приміщення, дуттьовими вентиляторами приймають не більше 75% від кількості що надходить в котельню припливного повітря. Інша кількість повітря, яке необхідне для горіння, забирають зовні. Якщо видалення повітря проводиться, через віконні фрамуги верхнього світла, їх розміщують в обох поздовжніх стінах так, щоб площа відкриття з кожного боку забезпечувала зовнішній повітрообмін при змінах напрямку вітру. В умовах природної вентиляції найбільш ефективно витяжка повітря забезпечується за допомогою встановлених безпосередньо на даху котельні установки дефлекторів. Установка на витяжних шахтах і воздуховодах шиберів або дроселів не допускається [15].

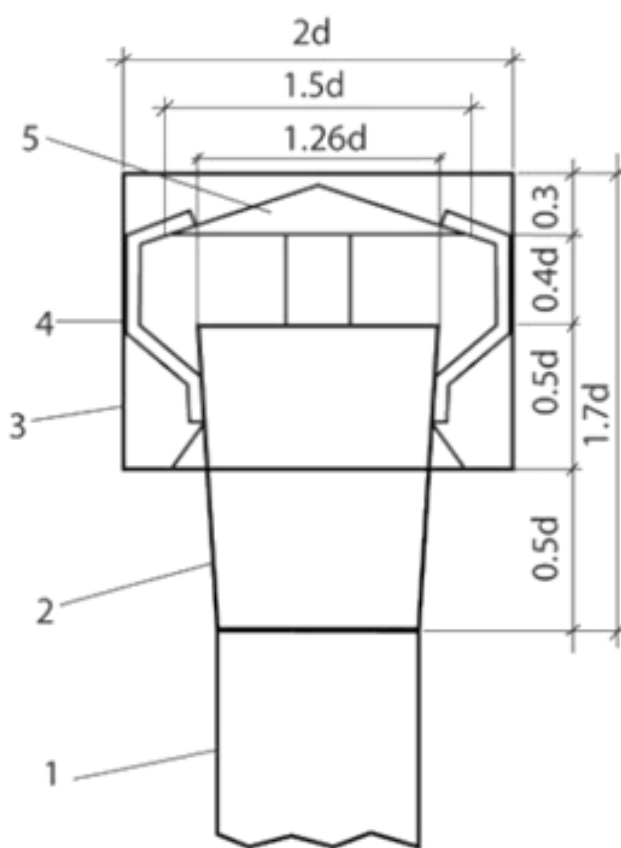
Щоб уникнути створення розрідження в приміщенні котельної установки об'єм припливного повітря повинен компенсувати кількість повітря, необхідного для спалювання палива і яке видаляється витяжною вентиляцією. Якщо витрата повітря на горіння перевищує трьохкратний повітрообмін в годину в котельному залі, то припливні отвори розраховуються на максимальне споживання цього повітря. Відповідно, якщо витрата повітря на горіння менше кількості повітря, необхідного для триразового повітрообміну, то припливні отвори розраховують на надходження повітря тільки на триразовий повітрообмін. При цьому слід мати на увазі, що частина повітря на горіння може надходити в топку котла

по повітропроводу безпосередньо з вулиці, минаючи приміщення котельного залу. Отже, при підрахунку витрати повітря для горіння, який бере участь у вентиляції, слід враховувати тільки повітря, що відбирається пальниками безпосередньо з приміщення котельні. Швидкість повітря в припливних отворах приймається не більше 2 м/с, а при компенсації повітря тільки на витяжну природну вентиляцію швидкість доцільно приймати не більше 1 м/с. При підрахунку кількості повітря, що йде на горіння, слід враховувати, що в топку і газоходи самого котла, а також його хвостові поверхні - економайзери і підігрівачі повітря за счёт наявності в них розрідження і нещільності в обмуровці може підсмоктуватиметься значна кількість повітря. Так, при добрій організації горіння повне згорання газу в топці може бути здійснено при видачі до неї газоповітряної суміші з коефіцієнтом витрати повітря $\alpha_1 = 1,02 \div 1,1$. За котлом величина цього коефіцієнта навіть при номінальних навантаженнях, часто досягає $\alpha_k = 1,25 \div 1,45$, а за економайзером $\alpha_{ка} = 1,35 \div 2,0$. Так як це повітря на підсосі в газоходи котлоагрегата береться з приміщення котельні, то це повинно враховуватися при розрахунку площі жалюзійних решіток для припливу. Звідси випливає, що поганий стан огорожувальних поверхонь котлоагрегату не тільки знижує його економічність, але може привести і до погіршення комфортних умов в котельному залі через необхідність збільшення в 1,3-2 рази надходження припливного повітря, особливо в холодну пору року.

Таким чином, встановлено, що особливо велике значення при визначенні розмірів припливних жалюзів має відповідність між кількістю повітря, що видаляється з котельної установки і надходить до неї, в тому випадку коли видалення продуктів згорання здійснюється за рахунок природної тяги димаря, а на котлах встановлені пальники без примусової подачі повітря. При нестачі припливного повітря в котельні створюється розрідження, зменшується перепад між тиском в приміщенні і топці і, в результаті, знижується кількість повітря, що надходить в топку для спалювання газу. Це може привести до неповного згорання газу, появи або

зростання втрат теплоти з хімічним недопалюванням або зниження продуктивності котлів через нестачу повітря. Утворення розрідження в будівлі котельної установки може привести навіть до вибивання з топок і газоходів в приміщення димових газів, в яких можуть міститися і продукти неповного згоряння, в тому числі окис вуглецю, а також викликати вібрацію котлів.

Дефлектори (рис.2.8, рис.2.9) слід встановлювати в місцях найбільш ймовірного скупчення газів і парів, не допускаючи утворення застійних загазованих зон між балками перекриття.



1 – патрубок; 2 – дифузор; 3 – корпус; 4 – лапка кріплення зонту; зонт

Рисунок 2.8 – Загальний вигляд дефлектору ЦАГІ

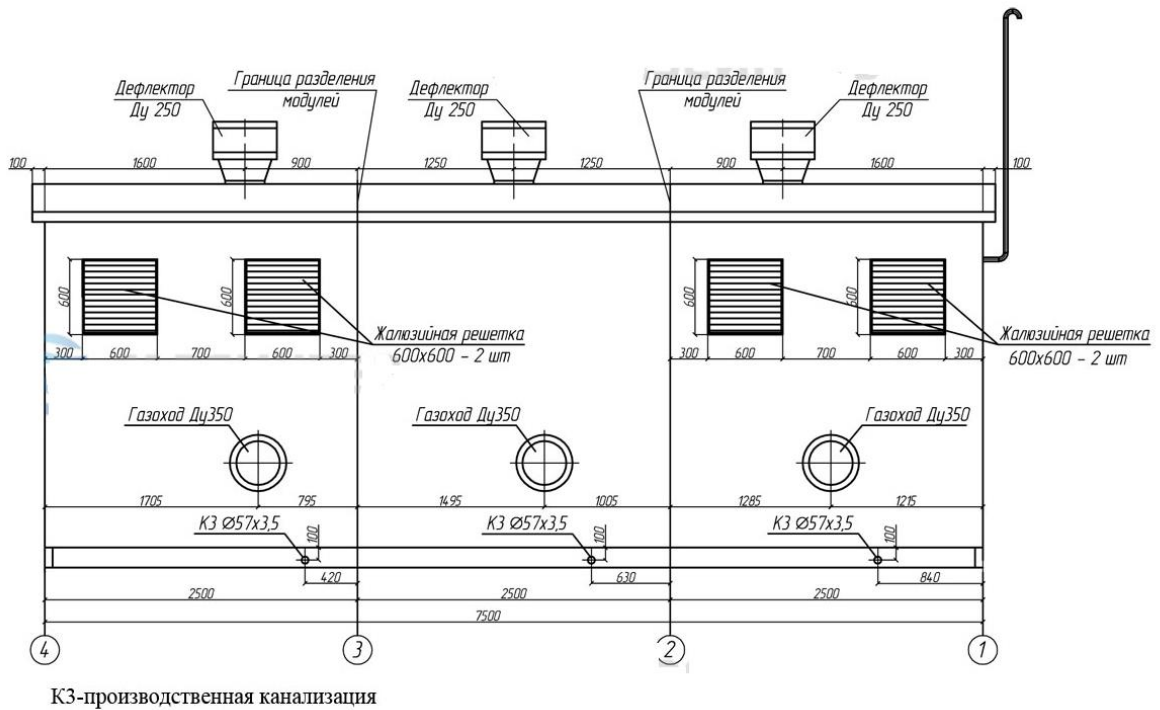


Рисунок 2.9 – Розташування дефлекторів на даху котельної

Ще одним із параметрів, який впливає на умови праці є шум. Встановлено, що зменшення шуму і вібрації в джерелі їх утворення практично не представляється можливим, тому необхідно застосовувати захист працюючих відстанню або за допомогою обладнання кабін для операторів, виведення робочих місць в зони з меншими рівнями; використовувати також індивідуальні засоби захисту органів слуху і дихальної системи.

Для зниження впливу шуму на організм необхідно проводити комплекс заходів:

- визначення на основі шумових карт ділянок у котельній з найменшим рівнем звуку для вибору маршрутів руху персоналу, місць проведення ремонтних робіт і профілактичного обслуговування агрегатів;

- створення кімнат реабілітації для відпочинку операторів котелень.

При цьому температура стін і повітря повинна складати 15-17 ° С або температура стін - 10-14 ° С, повітря - 23-25 ° С, рівень шуму - до 50 дБ А;

- забезпечення робітників засобами індивідуального захисту.

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ЗНИЖЕННЯ РІВНЯ АЕРОДИНАМІЧНОГО ШУМУ

3.1 Аналіз існуючих методів зменшення аеродинамічного шуму в приміщеннях котельних

В умовах котельної джерелами аеродинамічного шуму є: повітроводи і газові траси, насоси та вентилятори. Саме під час проходження потоку повітря або газу засувки, різких поворотів, різкого розширення або звуження утворюються аеродинамічні шуми. Шум, який створюється у вищезазначених випадках знижується за рахунок забезпечення плавності руху потоку газу, плавними переходами (дифузори, конфузори) трубопроводу, використання глушників.

Шум вентиляторів складається з аеродинамічної та механічної складових. За рахунок пульсації тиску та зміни швидкості потоку за напрямом та за величиною потоку повітря в проточній частині вентилятора та в трубопроводах, які примикають до нього утворюється аеродинамічний шум. Робота електродвигунів та підшипників становлять механічну складову аеродинамічного шуму.

В розділі 2, основним способом зниження тонального аеродинамічного шуму є встановлення глушників шуму.

В залежності від спектру рівня шуму, який необхідно зменшити та геометричних розмірів газопроводів, встановлення глушників проводять вибір конструкції глушників.

Глушники аеродинамічного шуму мають різні конструкції, які застосовують ефекти поглинання та відбиття, а також ефект впливу на джерело шуму. Основними видами глушників, які дозволяють ефективно знижувати рівень шуму в газопроводах є: активні глушники, абсорбційні глушники (в якості звукопоглиначів використовують волокнисті облицювальний матеріал), реактивні та резонансні глушники.

Глушники активного виду виготовляють у формі каналу, що внутрішні стінки якого облицьовано матеріалом, який має звукопоглинальні властивості. В залежності від обраного звукопоглинального матеріалу глушники активного виду мають відповідну ефективність [17]. Встановлено, що властивість таких матеріалів поглинати конденсаційну вологу призводить до зниження їх ефективності з часом.

Також відомі каналні глушники, в середині яких розташовані сітки, що значно підвищує гідравлічний опір газового тракту, але при цьому збільшує ефективність зниження аеродинамічного шуму.

Для забезпечення плавного підводу газу до пристроїв, які розподіляють використовують круглі гнучкі газо- повітропроводи. Такі гнучкі повітроводи відносять до трубчастих (каналних) глушників.

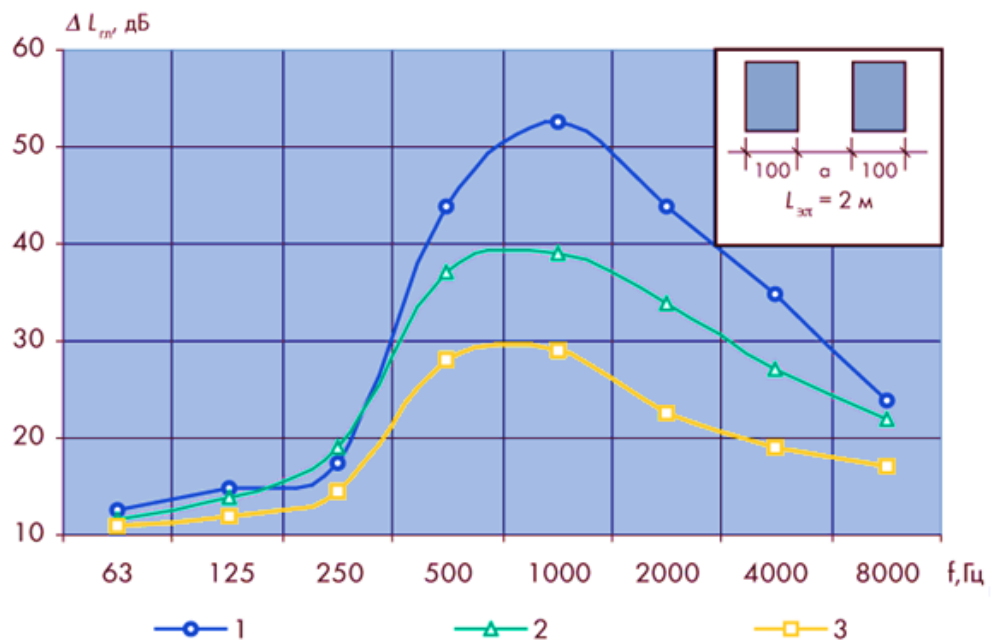
На рис. 3.1 наведені результати по встановленню залежності звукопоглинальної здатності гнучких повітроводів від довжини їх активної частини. Встановлена пряма залежність звукопоглинальної здатності таких глушників від величини активної гнучкої частини.



1 – 1 метр; 2 – 2 метри; 3 – 3 метри

Рисунок 3.1 – Залежність звукопоглинальної здатності гнучких повітроводів від їх довжини активної гнучкої частини [18]

Якщо по перетину повітроводу рівномірно розмістити звукопоглинальний матеріал, то спостерігається підвищення звукопоглинального ефекту глушника. За таким способом працюють пластинчасті глушники. В роботі [18] встановлено, що на ефективність звукопоглинання пластинчастого глушника впливати такі фактори як відстань між пластинами, які розміщено всередині глушника, товщина пластин, тип звукопоглинального матеріалу (за умов постійної довжини глушника). Аналіз експериментальних даних показав, що якщо розмістити пластини одна від одної на відстані менш $2d_0$, то буде зростати ефективність пластинчатих глушників. При цьому встановлено, що таке розміщення пластин призведе до зростання опору глушнику і сам глушник стане джерелом шуму (рис.3.2).

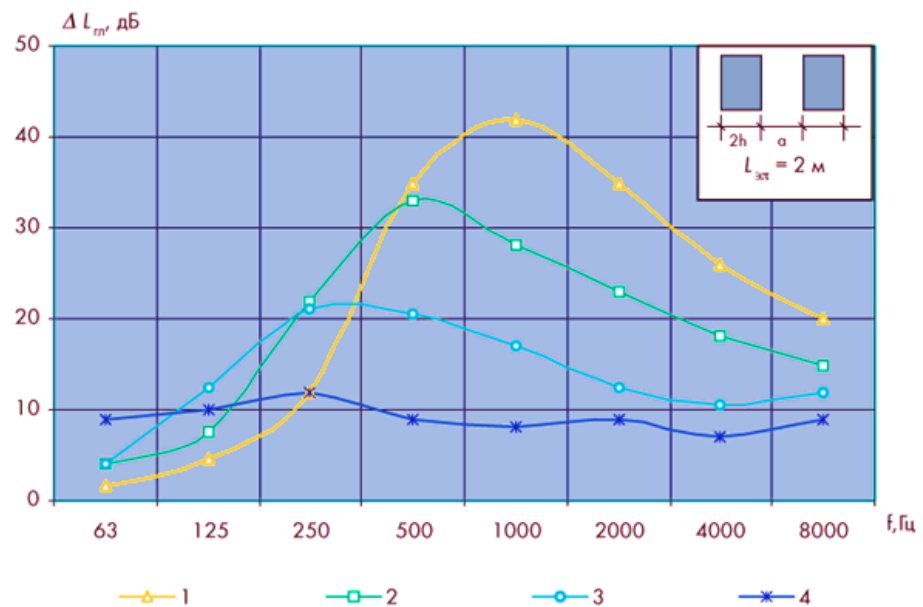


1 – відстань між пластинами 100 мм, 2 – відстань між пластинами 166 мм, 3 – відстань між пластинами 300 мм

Рисунок 3.2 – Вплив зміни відстані між пластинами на ефективність глушника: мати СТВ $\rho_{зПМ}=20$ кг/м³, склотканина марки ЕЗ-100, перфорований лист $d_{ПВ}=6$ мм, шаг 12 мм [18]

Результати досліджень показали (рис.3.2), що слід очікувати максимальну звукопоглинальну здатність таких глушників не менш ніж 52 дБ при частоті 1000 Гц. Але необхідно збільшувати акустичну ефективність таких глушників при частотах нижче ніж 1000 Гц. Підвищення ефективності звукопоглинання таких глушників досягається за рахунок збільшення товщини пластин (рис.3.3) [18]. Проведені результати досліджень(рис.3.2-3.3) показали неефективність збільшення кількості пластин в глушнику та схем його компонування.

Поряд з пластинчастими глушниками знайшли застосування стільникові глушники. На низьких частотах дані глушники проявлять трохи кращу звукопоглинальну здатність ніж пластинчасті. Але стільникові глушники мають високий гідравлічний опір і великі габарити, що обумовлює обмежене їх використання в промисловості.



1 – $2h = 100$ мм, $a = 100$ мм ($\rho_{зПМ}=20$ кг/м³); 2 – $2h = 200$ мм, $a = 200$ мм ($\rho_{зПМ}=15$ кг/м³); 3 – $2h = 400$ мм, $a = 400$ мм ($\rho_{зПМ}=15$ кг/м³); 4 – $2h = 800$ мм, $a = 800$ мм ($\rho_{зПМ}=15$ кг/м³)

Рисунок 3.3 – Вплив товщини пластини пластинчастого глушника на його ефективність в залежності від: мати СТВ $\rho_{зПМ}=20$ кг/м³, склотканина марки ЕЗ-100, перфорований лист $d_{ПВ}=6$ мм, шаг 12 мм

Глушники реактивного типу виготовляють у формі камер розширення, які пов'язано з газопроводами. Дані глушники мають добру ефективність на всіх діапазонах частот (рис.3.4).



Рисунок 3.4 – Загальний вигляд глушнику реактивного типу

Для зниження рівня з яскраво вираженими дискретними складовими використовують резонансні глушники. Саме ця обставина та підвищений гідравлічний опір призвели до обмеження використання резонансних глушників в промисловості.

При недостатній ефективності вищенаведених глушників застосовують екранні глушники. Дані глушники розміщують поряд з виходом з газопроводу. В роботі [18] встановлено, що використання облицювання глушнику зі сторони трубопроводу збільшує їх акустичну здатність. Недоліком даних глушників є його неефективність до низькочастотних звуків [18].

Таким чином, в результаті теоретичних досліджень встановлено, що існує проблема зниження низькочастотного шуму, але при цьому відомо, що на низькочастотну складову акустичного спектру припадає максимум звукового випромінювання великих вентиляторів та димотягів.

Отже, метою наших досліджень є розробка глушника, який буде ефективним на всьому діапазоні частот.

3.2 Обґрунтування вибору конструкції глушника для зниження аеродинамічного шуму

Нами пропонується використати комбінований глушник, дія якого буде ґрунтуватися на перетворенні звукової енергії на теплову та використанні явища локального резонансу.

Розглянемо механізми дії резонансного та активного глушника. Саме це дозволить встановити параметри глушників, які будуть впливати на їх ефективність.

Дія резонаторного глушника ґрунтується на відбитті звукової хвилі в каналі глушника з фазою, яка буде протилежною фазі звукової хвилі, яка потрапляє на вхід до глушника. Саме це призводить до придушення прямої звукової хвилі зворотньою до неї звуковою хвилею.

Відомі наступні типи резонансних глушників (рис.3.5)

Простішим і давно відомим резонаторним глушником є одиночний резонатор Гельмгольца (рис. 3.5) [20].

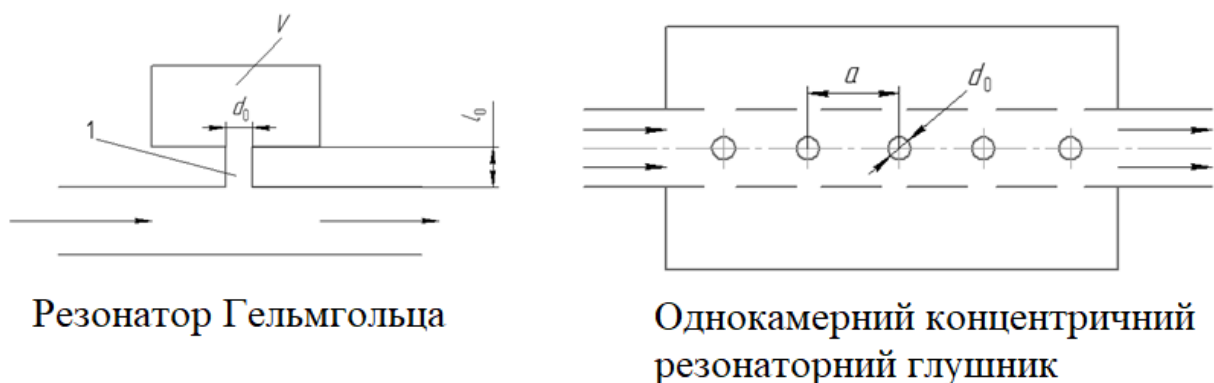


Рисунок 3.5 – Типи резонаторних глушників

Резонаторний глушник Гельмгольца складається з порожнистого об'єму V , який поєднано трубкою 1 з газопроводом. Трубка має діаметр d_0 та довжину l_0 . При утворенні в резонаторі власних звукових хвиль звукова енергія хвилі, що проходить, розтрачується на здолаття інерційності маси газу в горлі труби та пружності газу в порожнині. Частоту власних коливань даного резонатору встановлюють за формулою [20]:

$$f_p = \frac{c}{2\pi} \cdot \left(\frac{K_0}{V} \right)^{0.5}, \quad (3.1)$$

де c – швидкість звуку в повітрі, м/с;

K_0 – провідність горла, м, $K_0 = S / (l_0 + 0,25d_0)$.

Даний тип глушнику не знайшов широкого застосування у промисловості. Другим видом резонансного глушнику є однокамерний концентричний глушник (рис.3.5). Він складається з камери, що концентрично розташована до газопроводу та з рівномірно розташованих отворів діаметром d_0 з кроком a .

Провідність отворів у такому разі обчислюють з використанням співвідношення [20]:

$$K_0 = \frac{\pi \cdot d_0^2 \cdot n}{4 \left[l_0 + \frac{\pi \cdot d_0}{4\psi \left(\frac{d_0}{a} \right)} \right]}, \quad (3.2)$$

де n – кількість отворів, шт;

l_0 – довжина отворів, тобто товщина стінки трубопроводу, м;

$\psi(d_0/a)$ - функція Фока [20], що враховує взаємне розташування отворів.

У табл.3.1 наведені величини функції Фока залежно від зміни відношення діаметру отворів та відстані між ними [7, 11].

Таблиця 3.1 – Значення функції Фока

d_0/a	$\leq 0,1$	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
$\psi(d_0/a)$	1	1,5	2	2,3	3	4,2	7,5	15

Величину звукопоглинання концентричного глушника встановлюють за формулою [20]:

$$\Delta L = 10 \lg \left[1 + \frac{K_0 \cdot V}{4S \left(f / f_p - f_p / f \right)^2} \right]. \quad (3.3)$$

де V – об'єм резонансної камери, м^3 ;

S – площа перетину трубопроводу, м^2 ;

f, f_p – поточна та резонансна частота, Гц, відповідно.

Визначаємо зменшення рівня шуму на газопроводі відцентрового нагнітача 8500-11, яке буде отримано за рахунок встановлення резонансних глушників. Рівень розподілу шуму за спектром, для даного нагнітача наведено у табл.3.2. [20].

Таблиця 3.2 - Розподіл шуму за спектром для нагнітача 8500-11

Параметри	Величина							
Частота, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Звуковий тиск, дБ	94	94	104	92	88	82	76	68

При порівняння наведених у табл.3.2 даних з допустимими рівнями в відповідних октанових смугах (табл.3.3) встановлено, що найбільше перевищення відбувається при частоті 250 Гц.

Таблиця 3.3 – Допустимі рівні звукового тиску в октавних смугах частот L_{∂} , та їх перевищення за роботи відцентрового нагнітача 8500-11-1, ΔL

Параметри	Величина							
Частота, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
ΔL_{∂} , дБ	90	82	77	73	70	68	66	64
ΔL_n , дБ	4	12	27	19	18	14	10	4

Тоді проводимо розрахунок поглинальної здатності глушнику, який встановлено першим в системі глушників (при діаметрі газопроводу $D = 0,19$ м і кількості отворів у глушнику $n = 10$ шт). Визначаємо, що діаметр отворів становить $d_0 = 0,06$ м, тоді крок отворів $a = 0,075$ м. За табл.3.1 встановлюємо значення функції Фокса, $\psi=0,15$. За формулою 3.2 визначаємо провідність отворів, $K_0 = 2,93$. Тоді за формулою (3.3) визначаємо зниження рівня звукового тиску на різних частотах. Результати розрахунку заносимо до табл.3.4.

Таблиця 3.4 – Результати розрахунку зниження рівня звукового тиску першого глушника на різних частотах

Параметри	Величина							
Частота, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
ΔL , дБ	10	18	40	18	10	5	2	1
Звуковий тиск, дБ	84	76	64	74	78	77	74	67
ΔL_n , дБ	-	-	-	1	8	9	8	3

Аналіз отриманих результатів показав (табл.3.4), що в діапазоні частот 1000-4000 Гц відбувається перевищення допустимого рівня звукового тиску. На частоті 63-250 Гц резонаторний глушник показав свою добру ефективність. Тому для другого резонансного глушника обчислюємо його ефективність для частот 1000-8000 Гц (при незмінних умовах). Отримані результати заносимо до табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Результати розрахунку зниження рівня звукового тиску другого глушника на різних частотах

Параметри	Величина							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Частота, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
ΔL , дБ	0	1	2	7	40	7	2	1
Звуковий тиск, дБ	84	75	62	67	38	70	72	66
$\Delta L_{\text{п}}$, дБ	-	-	-	-	-	2	6	2

Отже, встановлювати, ще глушника резонансного типу є недоцільним. Попередній теоретичний аналіз показав, що використання облицювальних матеріалів може призвести до зниження рівня шуму на частотах 2000-8000 Гц. Виключення зменшення звукопоглинання за рахунок поглинання конденсаційної вологи облицювальним матеріалом досягається збільшенням довжини частини газопроводу, який буде облицьовано.

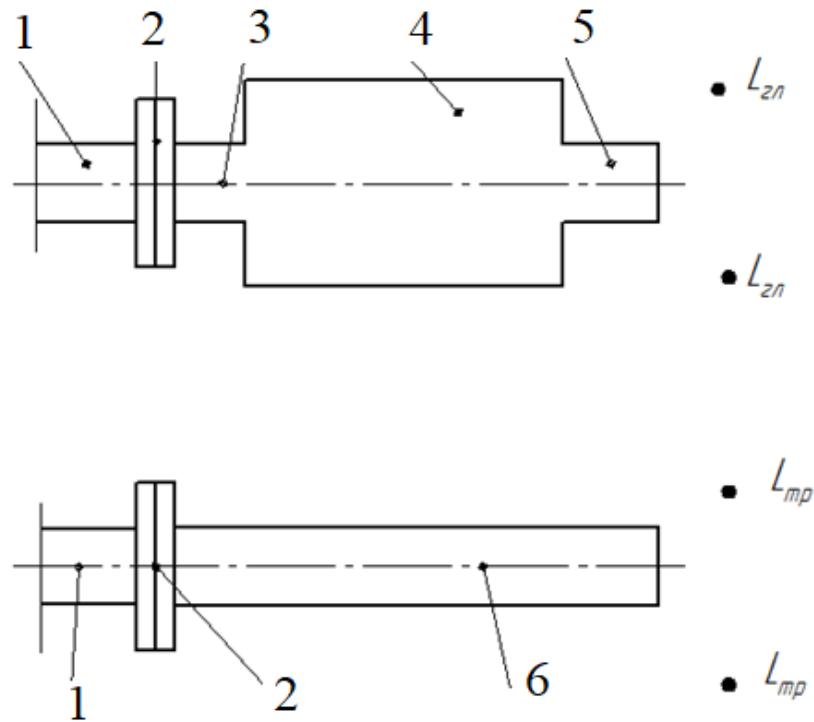
Отже, теоретичні дослідження показали ефективність розміщення системи глушників робота яких ґрунтується на застосуванні активного і резонансного методів поглинання шуму.

3.3 Методика експериментальних досліджень по встановленню звукопоглинальної здатності глушника

Для визначення рівня шуму на середньгеометричних частотах, Гц: 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 використовувалися прилад - шумомір (ИШВ-1, клас точності приладу -1, діапазон вимірювання 30 дБ - 130 дБ).

Відповідно до ДБН В.1.1-31:2013, якщо рівень шуму, який виміряно за допомогою ИШВ-1, на всіх середньгеометричних частотах не перевищує нормативних значень, то такий рівень шуму є допустимим.

Під час експериментальних досліджень ефективності глушників проводилось визначення рівня шуму на відстані 20 см від газопроводу. На рис.3.6 наведена схема розміщення глушників при визначенні їх ефективності.



1 – трубопровід; 2 – глушник; 3 – вхідний патрубок глушника; 4 – глушник; 5 – вихідний патрубок глушника; 6 - трубопровід

Рисунок 3.6 – Схема розташування глушників при визначенні їх ефективності

Розрахунок зменшення рівня звуку на кожній частоті проводився за наступною формулою, дБ:

$$\Delta L = L_{\text{тр}} - L_{\text{гл}} \quad (3.4)$$

де $L_{\text{тр}}$ – рівень шуму на заданій частоті, до встановлення глушника, дБ;

$L_{\text{гл}}$ – рівень шуму на заданій частоті на кінці трубопроводу, при встановленому глушника, дБ.

Для створення шуму у приміщенні було встановлено вентилятор ВР 160-18-3,5. Даний вентилятор було під'єднано до системи газопроводів. Результати вимірювань були оброблені за допомогою статистичного методу математичної обробки.

3.4 Методика математичної обробки результатів досліджень

При встановленні початкового рівня шуму на частоті 1000 Гц отримано такі результати, дБ: 94; 96; 93; 96; 94; 92; 91; 92; 94; 96; 97; 92; 94; 94; 96; 97.

Математична обробка проводилася з використанням закону нормального розподілу.

Відомо, критерій Пірсона, k^2 , характеризує різницю між емпіричним і теоретичним розподілами величин. Критерій Пірсона визначається за формулою:

$$k^2 = \sum_{i=1}^l \frac{(h_i - nP_i)^2}{nP_i}, \quad (3.5)$$

де l - кількість інтервалів групування, шт;

h_i - абсолютна емпірична частота;

n - загальна кількість спостережень, шт;

P_i - вірогідність потрапляння значень в i -й інтервал;

nP_i - число вимірювань, які потрапили в i -й інтервал.

При перевірці закону нормальності розподілу визначених величин початкового рівня шуму були встановлені такі дані:

- загальна кількість спостережень $n = 16$ шт;
- число інтервалів групування $l \approx \sqrt{n} \approx \sqrt{16} = 4$ шт;
- ширина інтервалу групування Δx встановлювалося за формулою:

$$\Delta x = \frac{x_{max} - x_{min}}{l}, \quad (3.6)$$

Тоді визначаємо інтервал групування:

$$\Delta x = \frac{97-91}{4} = \frac{6}{4} = 1,5$$

Встановлені результати обрахування заносимо до табл.3.6.

Таблиця 3.6 - Результати обрахування

Діапазон групи	Середнє значення	Частота події n_i	Відносна частота $\frac{n_i}{n}$
91-92	91,5	1	1/16
92-94	93	4	4/16
94-96	95	5	5/16
96-97	96,5	6	6/16

Визначаємо середнєарифметичне значення та середньоквадратичне відхилення S_x за наступними формулами :

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_j, \quad (3.7)$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum(x_j - \bar{x})^2}{n-1}}, \quad (3.8)$$

Визначаємо значення a_i і a_{i+1} для i -го інтервалу групування за формулами:

$$\begin{aligned} a_i &= \frac{X_i - \bar{X}}{S_x}, \\ a_{i+1} &= \frac{X_{i+1} - \bar{X}}{S_x}, \end{aligned} \quad (3.9)$$

де X_i – значення нижньої межі i -го інтервалу;

X_{i+1} – значення верхньої межі i -го інтервалу.

Отже, в результаті розрахунку отримаємо наступні значення:

$$a_1 = -1,809;$$

$$a_2 = -0,857;$$

$$a_3 = 0,095;$$

$$a_4 = 1,047;$$

$$a_5 = 1,047.$$

За табличними даними встановлюємо величину коефіцієнтів $\Phi(a_i)$ та $\Phi(a_{i+1})$.

В результаті розрахунку отримаємо наступні значення:

$$\Phi(a_1) = -0,982;$$

$$\Phi(a_2) = -0,607;$$

$$\Phi(a_3) = 0,059;$$

$$\Phi(a_4) = 0,706;$$

$$\Phi(a_5) = 0,954.$$

Розраховуємо вірогідність P_i для i -інтервалу групування:

$$P_i = \frac{1}{2} (\Phi(a_{i+1}) - \Phi(a_i)). \quad (3.10)$$

Отже, в результаті використання формули 3.10 отримані наступні значення:

$$P_1 = \frac{1}{2} (-0,607 - (-0,982)) = 0,187;$$

$$P_2 = \frac{1}{2} (0,059 - (-0,607)) = 0,333;$$

$$P_3 = \frac{1}{2} (0,706 - 0,059) = 0,323;$$

$$P_4 = \frac{1}{2} (0,954 - 0,706) = 0,124.$$

Розраховуємо теоретичні частоти nP_i для кожного i -го інтервалу:

$$nP_1 = 2,99;$$

$$nP_2 = 5,33;$$

$$nP_3 = 5,17;$$

$$nP_4 = 1,98.$$

Використовуємо формулу (3.6) та визначаємо критерій Пірсона k^2 .
Отримані результати заносимо до табл.3.7.

Таблиця 3.7 – Величина критерію Пірсона, k^2

P_i	nP_i	h_i	$h_i - nP_i$	$\frac{(h_i - nP_i)^2}{nP_i}$
0,187	2,99	5	2,01	1,35
0,333	5,33	5	-0,33	0,02
0,323	5,17	4	-1,17	0,26
0,124	1,98	2	0,02	0,0002

Отже, у випадку $\bar{X}=0,398$, $S_x=0,021$, $n=16$ значення критерію Пірсона становить $k^2=1,63$. Встановлюємо критичне значення k^2 за умов, що $\alpha=0,95$, тоді величина критерія Пірсона становить $k_{кр}^2=9,49$. Отже, виконується умова $1,6302 < 9,49$, тоді робимо висновки, що нормальний закон розподілу виконується.

Таким чином, визначення початкового рівня шуму буде відбуватися з достовірністю 95%. За допомогою формул 3.5-3.10 визначаємо достовірність визначення рівня шуму при використанні системи глушників.

3.5 Експериментальні дослідження ефективності системи глушників.

Для зниження аеродинамічного шуму використовується система глушників принцип дії яких ґрунтується на використанні резонансного та активного методів зменшення шуму.

Схема конструкцій блоків глушників наведені на рис.3.7. В блоці рис.3.7 в середині встановлено 2 ряди пластин (кут нахилу 90° до осі газопроводу). В другому блоці (рис.3.7б) встановлено також 2 ряди пластин (кут нахилу 60° до осі газопроводу). Третій блок (рис.3.7в) містить 3 ряди пластин з кутом нахилу 60° до осі газопроводу (відстань між пластинами $1/3$ діаметра труби). На рис.3.7 г зображено четвертий блок глушника, який має 3 ряди пластин з кутом нахилу 60° та відстані між пластинами $1/2$ діаметра

глушника. Шостий блок (рис.3.7д) містить в середині 2 ряди пластин та в середині вкрито звукопоглинальним матеріалом.

Отримані результати експериментального дослідження по встановленню ефективності різних блоків глушників наведено на рис.3.8-3.9. Таким чином, встановлено, що при застосуванні блока 3 спостерігається найбільша ефективність звукогасіння глушника. Отже, в промислових умовах необхідно використовувати глушник, який виконано за схемою 3.7 в.

В результаті встановлення зміни акустичної ефективності глушника від відстані між рядами пластин було визначено, що найбільш доцільно використовувати блок з відстанню між рядами пластин $1,2 d$. При цьому на частоті 63-1000 Гц зпостерігалася найбільша ефективність даного глушника (рис.3.10).

За результатами експериментальних даних встановлено, що оснащення внутрішніх стін глушника звукопоглинальним матеріалом ($\delta=5$ мм) підвищує звукопоглинальну здатність глушнику (рис 3.11).

За результатами досліджень (рис.3.11). визначено, що розміщення в середині глушника дозволить значно покращити звукопоглинальну здатність цього глушника в діапазоні частот 63-2000 Гц (близько 19 %).

Проведені дослідження показали, що дана система глушників буде ефективною на частотах 63-2000 Гц.

Отже за результатами досліджень, встановлено, що найбільш доцільним є використання глушника, що містить в середині 3 ряди пластин з кутом нахилу 60° до осі з відстанню між пластинами $1/2$ діаметра та з внутрішнім покриттям стін глушника звукопоглинальним матеріалом ($\delta=5$ мм).

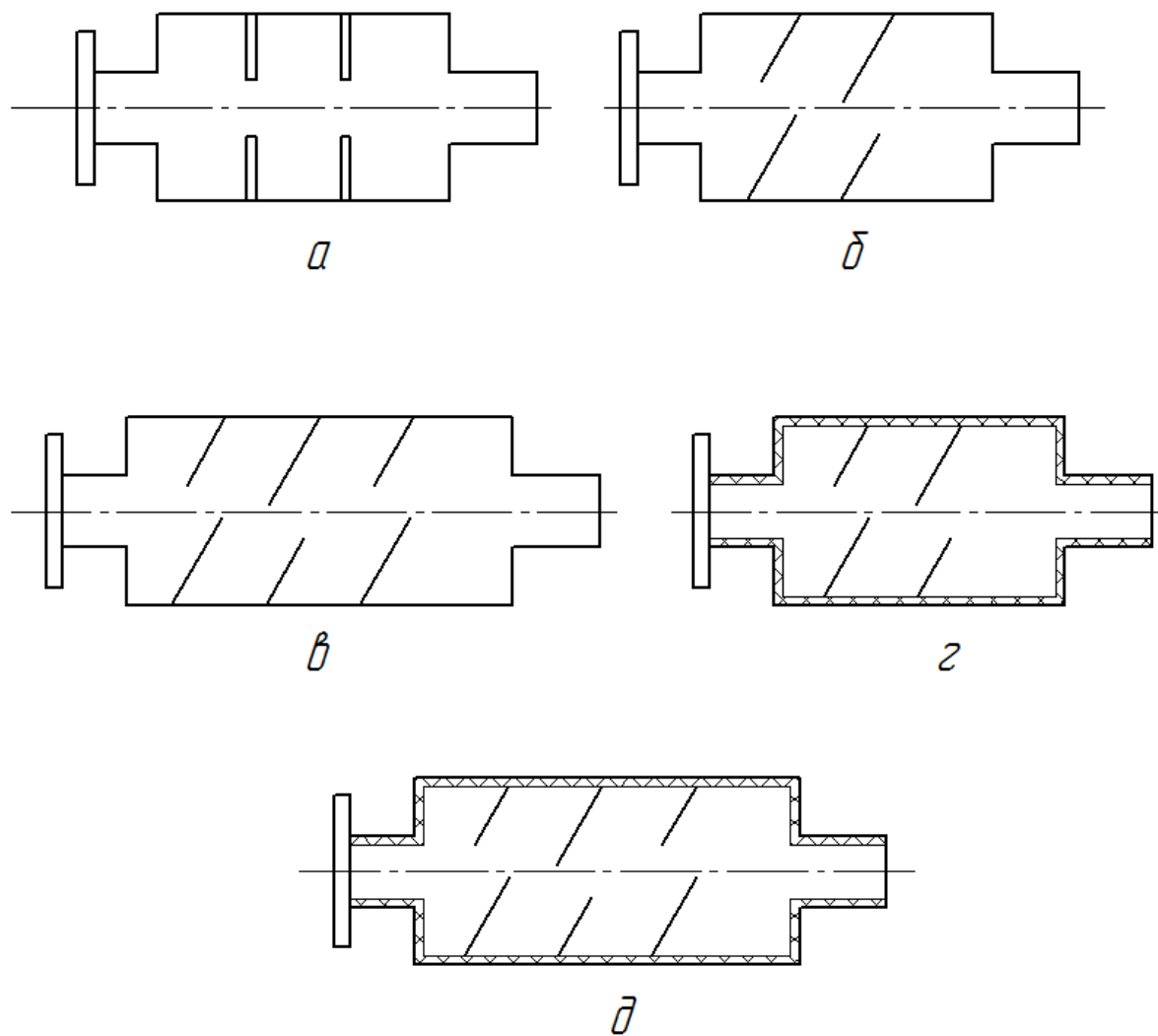


Рисунок 3.7 – Схема конструкції глушників, які використовували у досліді

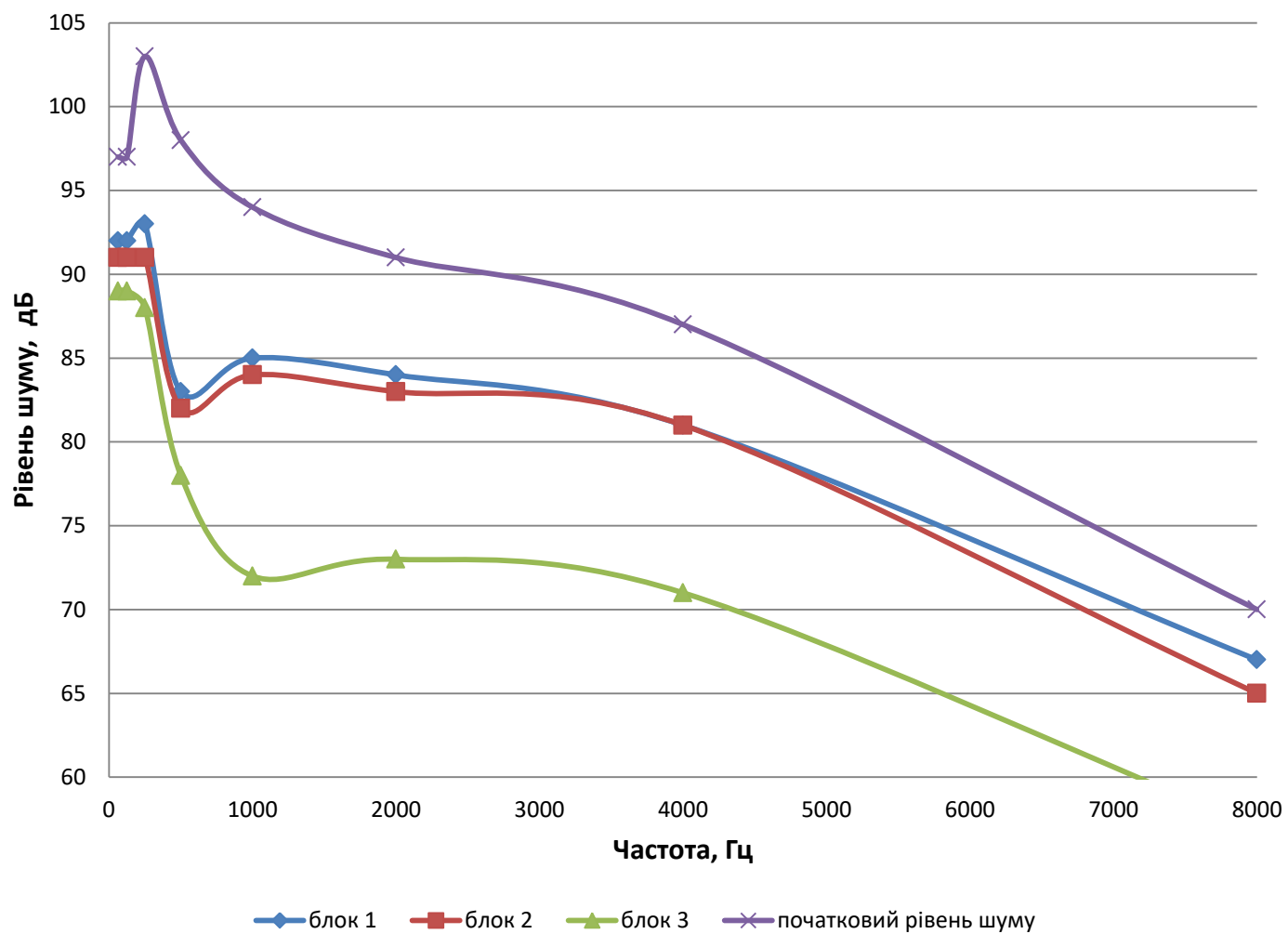


Рисунок 3.8 – Зміна кінцевого рівня шуму при використанні різних типів глушників

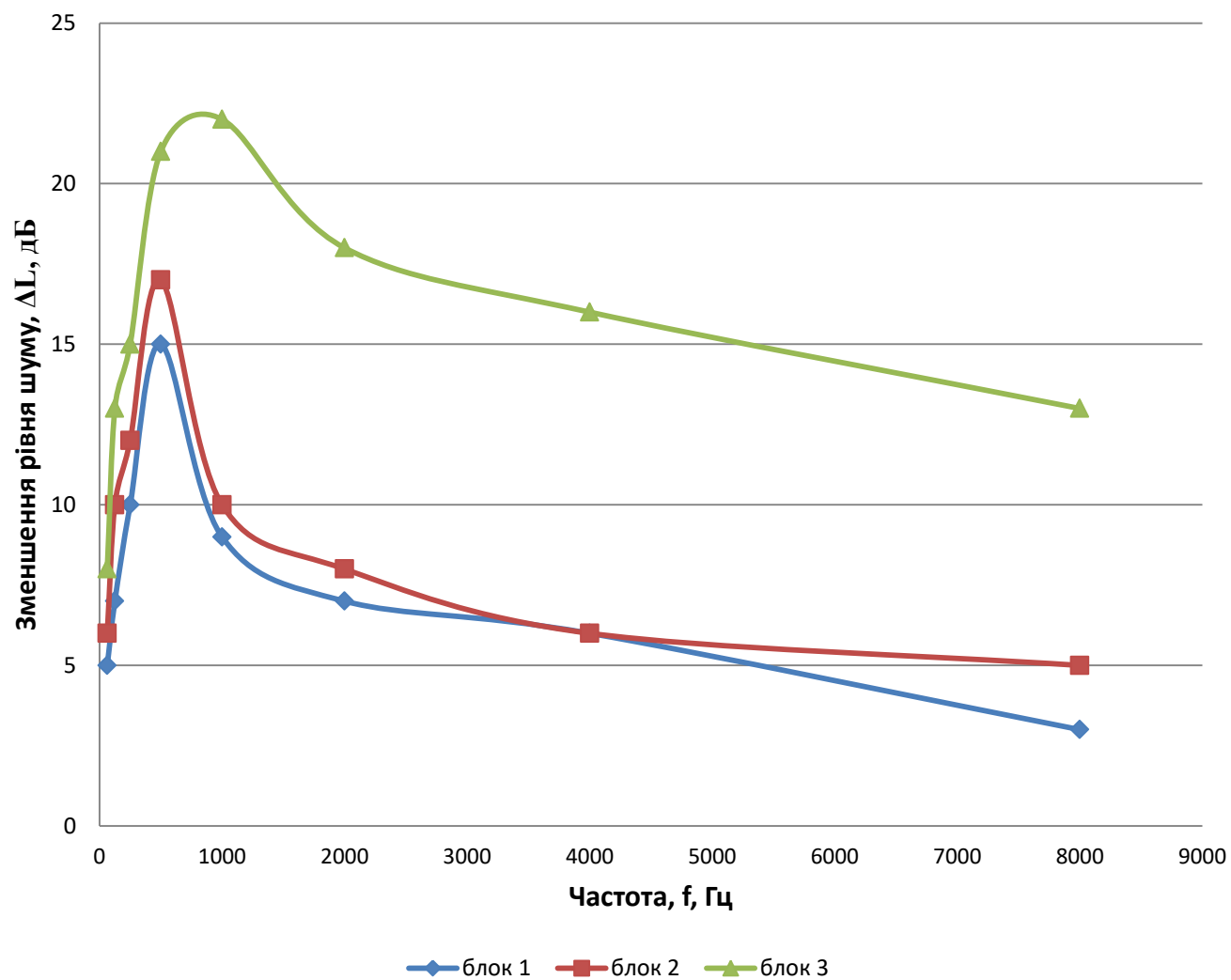


Рисунок 3.9 – Залежність зниження рівня шуму після глушника від типу глушників

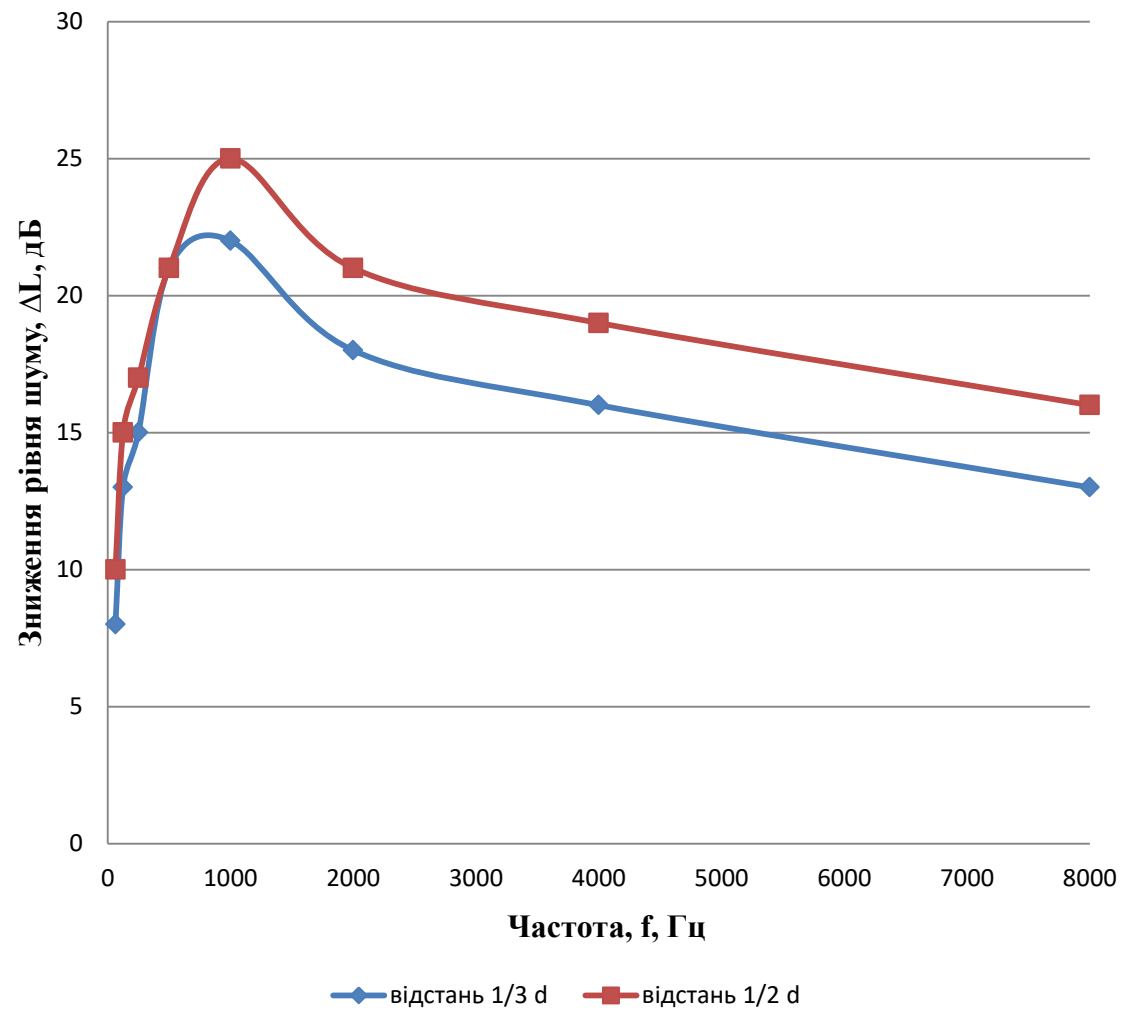


Рисунок 3.10 - Вплив зміни величини відстані між рядами пластин глушнику на його акустичну ефективність

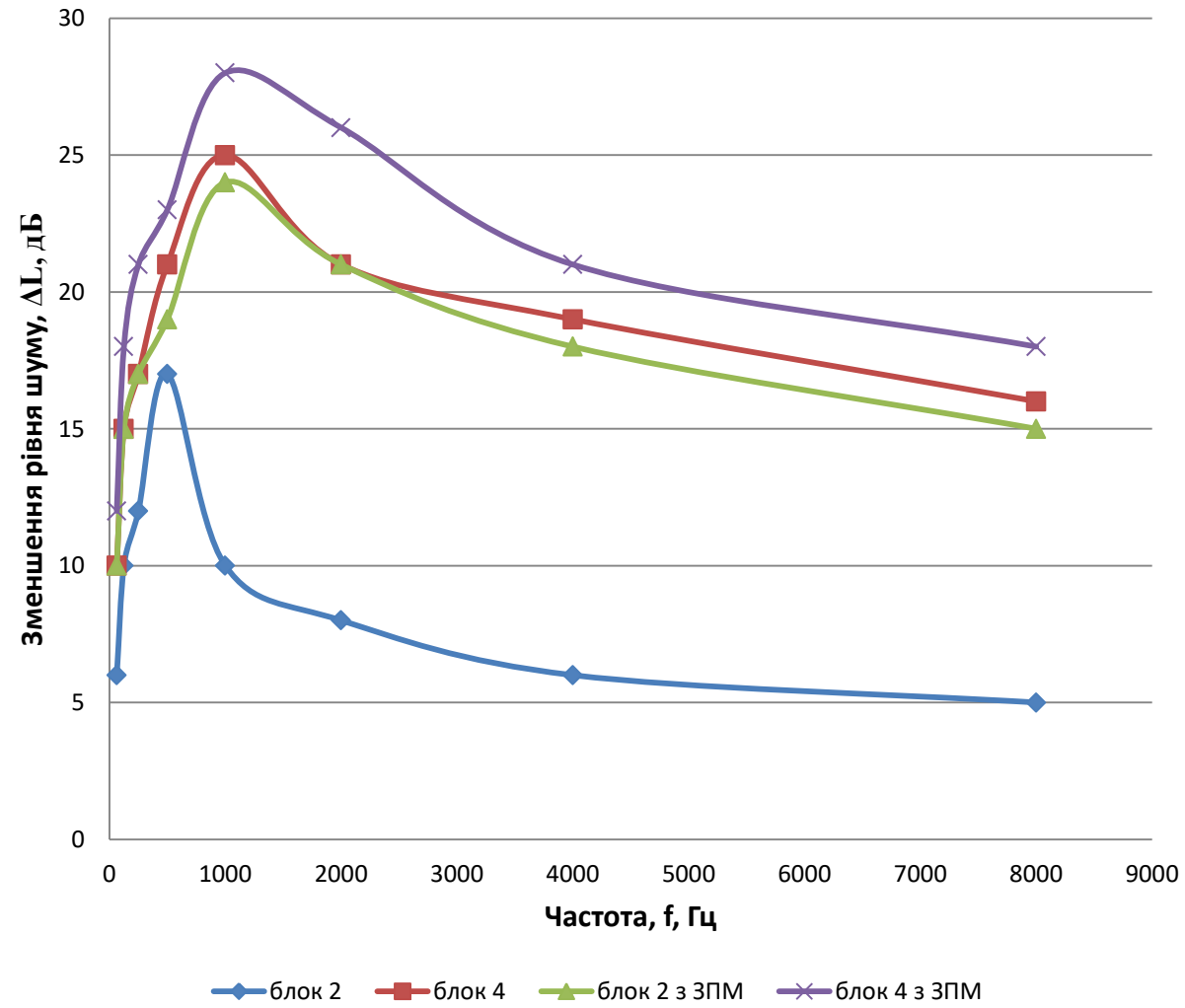


Рисунок 3.11 – Зміна акустичної ефективності глушника при використанні звукопоглинального матеріалу

5 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНИХ НАСЛІДКІВ ТРАВМАТИЗМУ ТА ПРОФЕСІЙНОГО ЗАХВОРЮВАННЯ

Для характеристики стану охорони праці застосовують коефіцієнти частоти і важкості травматизму і захворювань. Вихідні дані для обрахування економічних наслідків беруться за практичними даними з підприємства

- середньооблікова річна кількість робітників у котельній сиановить , Ч = 2300 чол.;
- кількість нещасних випадків на підприємстві за обліковий період, $N_T = 4$;
- кількість днів тимчасової непрацездатності у зв'язку з травмами, $ДН_T = 105$.

Визначаємо коефіцієнт частоти травматизму у котельній:

$$K_{чТ} = 1000N_T/Ч$$

$$K_{чТ} = 1000 \cdot 4 / 2300 = 1,74$$

Коефіцієнт важкості травматизму котельній становить:

$$K_{тТ} = ДН_T / N_T$$

$$K_{тТ} = 105 / 4 = 26,25$$

Визначаємо економічні наслідки від травматизму на підприємстві під час вироблення теплової енергії:

- середнє денне вироблення на одну людину, СВ = 920 грн.;
- витрати на 1 грн товарної продукції, З = 0,8 грн.;
- питома вага умовно-постійних витрат по собівартості, УП = 0,2 грн.;
- середній розмір оплати одного дня за листками тимчасової непрацездатності, ВН = 650 грн.;
- фонд робочого часу на одного працівника, $T_p = 230$ дн/рік.;
- середній розмір штрафів за порушення в області охорони праці на одного травмованого працівника, Ш = 10000 грн.

Кількість днів тимчасової непрацездатності при травмуванні становить
 $ДН = 105 \text{ днів}$

Зниження випуску продукції у зв'язку із травматизмом:

$$СП = ДН \cdot СВ$$

$$СП = 105 \cdot 920 = 96600 \text{ грн.}$$

Оцінка собівартість об'єму продукції, який було скорочено:

$$С = СП \cdot З$$

$$С = 96600 \cdot 0,8 = 77280 \text{ грн.}$$

Тоді відносне збільшення собівартості продукції визначаємо за формулою:

$$УС = С \cdot УП$$

$$УС = 77280 \cdot 0,2 = 15456 \text{ грн.}$$

Оскільки згідно до Закону України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування» організації та підприємства сплачує перші 5 днів тимчасової непрацездатності, а з шостого дня - Фонд соціального страхування. Отже сума виплат по листках непрацездатності працівникам становить:

$$В_T = 5N_T \cdot ВН$$

$$В_T = 5 \cdot 4 \cdot 650 = 13000 \text{ грн.}$$

Встановлюємо величину загального економічного збитку від :

$$У = УС + В + Н_TШ$$

$$У = 15456 + 13000 + 4 \cdot 10000 = 68456 \text{ грн.}$$

Отже, розрахована сума економічних збитків від травмування на підприємствах під час вироблення теплової енергії щорічно в середньому буде становити 68456 грн.

ВИСНОВКИ

В результаті проведених в кваліфікаційній роботі теоретичних та експериментальних досліджень було отримано наступні результати:

- на підприємствах по виробленню теплової енергії найбільш ймовірні аварії на котельних установках

- найбільш вірогідні травми, які відбуваються у котельні - опіки.

- за аналізом даних за актам Н-1 встановлено, що основними причинами травмування на даних підприємствах є організаційні, які відбуваються разом з технічними або психофізичними причинами.

- обробка статистичних даних за актами Н-1 та даних підприємства показала, що у 2018 році спостерігався найбільший коефіцієнт травмування на підприємстві 0,05, а максимальне значення коефіцієнту тяжкості відповідає також 2018 року та становить 2,8.

- оцінка умов праці робітників котелень показала, що умови праці відповідають 3 класу другого ступеню.

- для поліпшення параметрів мікроклімату рекомендовано організувати вентиляцію приміщень котелень з використанням дефлекторів при підтримці кратності повітрообміну не менше 3;

- для попередження виникнення пожеж та вибухів рекомендовано використовувати вибухові клапани ПГВУ;

- для зниження аеродинамічного шуму рекомендовано використання глушника, що містить в середині 3 ряди пластин з кутом нахилу 60° до осі з відстанню між пластинами $1/2$ діаметра та з внутрішнім покриттям стін глушника звукопоглинальним матеріалом ($\delta=5$ мм).

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Профілактика виробничого травматизму та професійних захворювань за 9 місяців 2020 року : веб-сайт. URL: http://www.fse.gov.ua/fse/control/main/uk/publish/printable_article/971757;jsessionid=B099C5FD39D07EE16369B2B4B68C8DD1 (дата звернення 10.11.2020)
2. Державна служба статистики України : веб-сайт. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення 10.11.2020).
3. Алабовский О.М., Боженко М.Ф., Хоренженко Ю.В. Проективання котелень промислових підприємств : навчальний посібник. Київ : Вища школа, 1992. 207с.
4. Онищенко Н. П. Охрана труда при эксплуатации котельных установок. Москва : Стройиздат, 1991. 399 с.
5. Охрана труда в энергетике : учебник для техникумов : ред. Князевский Б.А.. Москва : Энергоатомиздат, 1985. 375 с.
6. Астахова А.Д.. Безопасность технического обслуживания машинистом котельных установок в ОАО «ТЕВИС» : бакалаврская работа. Тольяти, 2016. 70 С.
7. 5 методів аналізу виробничого травматизму та профзахворюваності <https://news.dtkr.ua/labor/social-protection/51934> (дата звернення 12.11.2020)
8. Клімов Р.О. Джерела теплопостачання та теплові мережі : конспект лекцій для студентів денної та заочної форми навчання за напрямом 6.050601 «Теплоенергетика». Дніпродзержинськ : ДДТУ, 2016. 103 с.
9. Беляев Л.А. Турбины тепловых и атомных электрических станций: конспект лекций. Томск. 2009. 142 с.
10. ДСН 3.3.6.042-99 Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень [Чинний від 1999-01-12] Київ: Міністерство охорони здоров'я України), 2000. 10с..
11. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості

трудового процесу : веб-сайт. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14#Text> (дата звернення 20.11.2020).

12. Правила охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском : веб-сайт. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0433-18#Text> (дата звернення 20.11.2020)

13. Клапаны взрывные ПГВУ 091-80 в Екатеринбурге : веб-сайт. URL: <https://steels-group.ru/produkcija/klapany-pgvu-gazoplotnye/klapany-vzryvnye-pgvu-091-80/> (дата звернення 10.11.2020).

14. Клапаны предохранительные взрывные : веб-сайт. URL: <https://eprocom.ru/products/klapany/klapan-predohranitelnyj-gorizontalnyj> (05.11.2020).

15. Климов Г.М. Производственно-отопительная котельная установка: Объёмно-планировочные решения и вентиляция котельной установки : методическая разработка для студентов очной и заочной формы обучения специальностей 140104.65 Промышленная теплоэнергетика, 270109.65 Теплоснабжение и вентиляция. Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. Нижний Новгород : ННГАСУ, 2013. 58 с.

16. Эффективные решения по снижению шума от энергетического оборудования ТЭС и котельных : веб-сайт. URL: <http://www.combienergy.ru/stat/1203-Effektivnye-resheniya-po-snijeniyu-shuma-ot-energeticheskogo> (дата звернення 17.11.2020).

17. Алексеев Борьба с шумом и вибрации в машиностроении. М. : Машиностроение, 1970. 208 с.

18. Защита от шума и вибрации : веб-сайт. URL: <http://www.acoustic.ua/recommendations/453> (дата звернення 01.01.2020).

19. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. [Чинний від 1999-12-01]. Київ, 2000. 29 с. (Міністерство здоров'я України).

20. ДБН В.1.1-31:2013. Захист територій, будинків і споруд від шуму. [Чинний від 2014-06-01]. Київ, 2014. 85 с. (Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України).
21. Юдин Е.А. Борьба с шумом на производстве : справочник. М.: Машиностроение, 1985. 400 с.
22. Иванов Н.И. Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом : учебник. М. : Логос, 2008. 424 с.
23. Агаянц, И.М. Азы статистики в мире химии: Обработка экспериментальных данных. Санкт-Петербург: НОТ, 2015. 614 с.
24. Защита от шума: справочник проектировщика / под ред. Е.Я. Юдина. Москва : Стройиздат, 1973. 134 с.
25. Заборов В.М., Клячко Л.Н., Росин Г.С. Защита от шума и вибрации в черной металлургии. Москва : Металлургия, 1988. 216 с.
26. ISO 11691 Acoustics - Measurement of insertion loss of ducted silencers without flow - Laboratory survey method. August 23, 2007. 29 pp.
27. Григорьян Ф. Е., Перцовский Е. А. Расчет и проектирование глушителей шума энергоустановок. Ленинград: Энергия. Ленингр. отделение, 1980. 120 с.
28. Стальные трубы бесшовные горячекатаные ГОСТ 8732-78 : веб-сайт. URL: <http://sbk.ltd.ua/ru/sortament-ves-metalloprokata/194-stalnye-truby-besshovnye-gorjachedeformirovannye-gost-8732-78-razmery-i-ves.html> (дата звернення 01.11.2020).
29. Технические таблицы. Скорость звука в воздухе при различной температуре : веб-сайт. URL: <http://tehtab.ru/guide/guidephysics/sound/soundspeedairtemperature> (дата звернення 01.11.2020).

	при роботі за участю м'язів нижніх кінцівок і тулуба,	25.10.17	до 26400	60,0				ФРД	
	- те саме при роботі за переважною участю м'язів плечового поясу,								
	- маса піднімання і переміщення вантажу, кг,	25.10.17	до 7	5,0				ФРД	
	- дрібні стереотипні рухи кистей і пальців рук (кількість за зміну)								
	Статичне навантаження - величина навантаження за зміну, (Кгс) при утриманні вантажу								
	однією рукою	25.10.17	до 22000	552				ФРД	
	двома руками	25.10.17	до 42000	1146				ФРД	
	за участю м'язів тулуба і ніг								
13	Робоча поза Нахили тулуба, переміщення в просторі (переходи обумовлені технологічним процесом)	25.10.17	накл. полож. > 30° до 25%	накл. полож. > 30° 20,6 %				ФРД	
14	Напруженість праці Увага: - тривалість зосередження, % до тривалості зміни	25.10.17	51-75	10,0				ФРД	
	- щільність сигналів у середньому за годину								
	Напруженість аналізаторних функцій: - зору (категорія зорових робіт за СНиП II-4.79)								
	- слуху (при виробничій потребі сприйняття мови або диференціювання сигналів)								
	Емоційна і інтелектуальна напружен. Одноманітність: - кількість елементів у багаторазово повторюваних операціях								
	- тривалість виконання повторюваних операцій, с								
	час спостереження за ходом виробничого процесу без активних дій (% до тривалості зміни)								
15	Змінність	25.10.17	3-х, 2-х сменная с ноч. сменой	2-х сменная с ноч. сменой				ФРД	
	Кількість факторів				1				2/1,0

II. Гігієнічна оцінка умов праці

Умови та характер праці належать до 3 класу 1 ступеню умов праці за «Гігієнічною класифікацією праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» № 248.

III. Оцінка технічного та організаційного рівня

Технічний та організаційний рівень відповідає нормативним вимогам

IV. Атестація робочого місця

Робоче місце має: 1 фактор 1 ступеню

За показниками робоче місце оператора котельні належить вважати із шкідливими умовами праці.

VI. Пільги і компенсації

Пільги і компенсації	Діючі	Запропоновані	Витрати, грн.
Пенсійне забезпечення		-	
Доплати		4 %	
Додаткові відпустки		-	

12	Важкість праці: Динамічна робота: - потужність зовнішньої роботи, Вт								
	при роботі за участю м'язів нижніх кінцівок і тулуба,	25.10.17	до 44000	180,7				ФРД	
	- те саме при роботі за переважною участю м'язів плечового поясу,								
	- маса піднімання і переміщення вантажу, кг,	25.10.17	до 30	10,6				ФРД	
	Стереотипні робочі рухи (кількість за зміну)								
	- дрібні стереотипні рухи кистей і пальців рук								
	Статичне навантаження - величина навантаження за зміну, (Кгс) при утриманні вантажу								
	однією рукою	25.10.17	до 36000	8460				ФРД	
	двома руками	25.10.17	до 70000	5466				ФРД	
	за участю м'язів тулуба і ніг								
13	Робоча поза Нахили тулуба, переміщення в просторі (переходи обумовлені технологічним процесом)	25.10.17	ВП до 10 %	ВП 26,3 %	C=1,0 3			ФРД	1/1,0
15	Змінність	25.10.17	3-х, 2-х сменная с ноч. сменной	Однос- менная дневная				ФРД	
	Кількість факторів				5				7/3,7 4

Гігієнічна оцінка умов праці

Умови та характер праці належать до 3 класу 1 ступеню умов праці за «Гігієнічною класифікацією праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» № 248.

II. Оцінка технічного та організаційного рівня

Технічний та організаційний рівень відповідає нормативним вимогам

III. Атестація робочого місця

Робоче місце має: 5 факторів 1 ступеню.

За показниками робоче місце слюсаря з ремонту устаткування котельних та пилотідоготовчих цехів належить вважати із шкідливими та важкими умовами праці.

V. Пільги і компенсації

Пільги і компенсації	Діючі	Запропоновані	Витрати, грн.
Пенсійне забезпечення		-	
Доплати		8 %	
Додаткові відпустки		4 дн.	
Скорочена тривалість робочого тижня		-	
Інші		молоко	

**Міністерство освіти і науки України
Інженерний навчально-науковий інститут
Запорізького національного університету**

кафедра прикладної екології та охорони праці

**Дослідження умов праці та рівня травматизму
під час виробництва теплової енергії**

Виконала:

ст. гр. 8.2639з Бабенко О.Г.

Науковий керівник:

к.т.н. Манідіна Є.А.

Рецензент:

д.т.н., проф. Куріс Ю.В.

ОБ'ЄКТ, ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕННЯ, МЕТА РОБОТИ ТА НАУКОВА НОВИЗНА РОБОТИ

1

Об'єкт дослідження – підприємства по виробленню теплової енергії

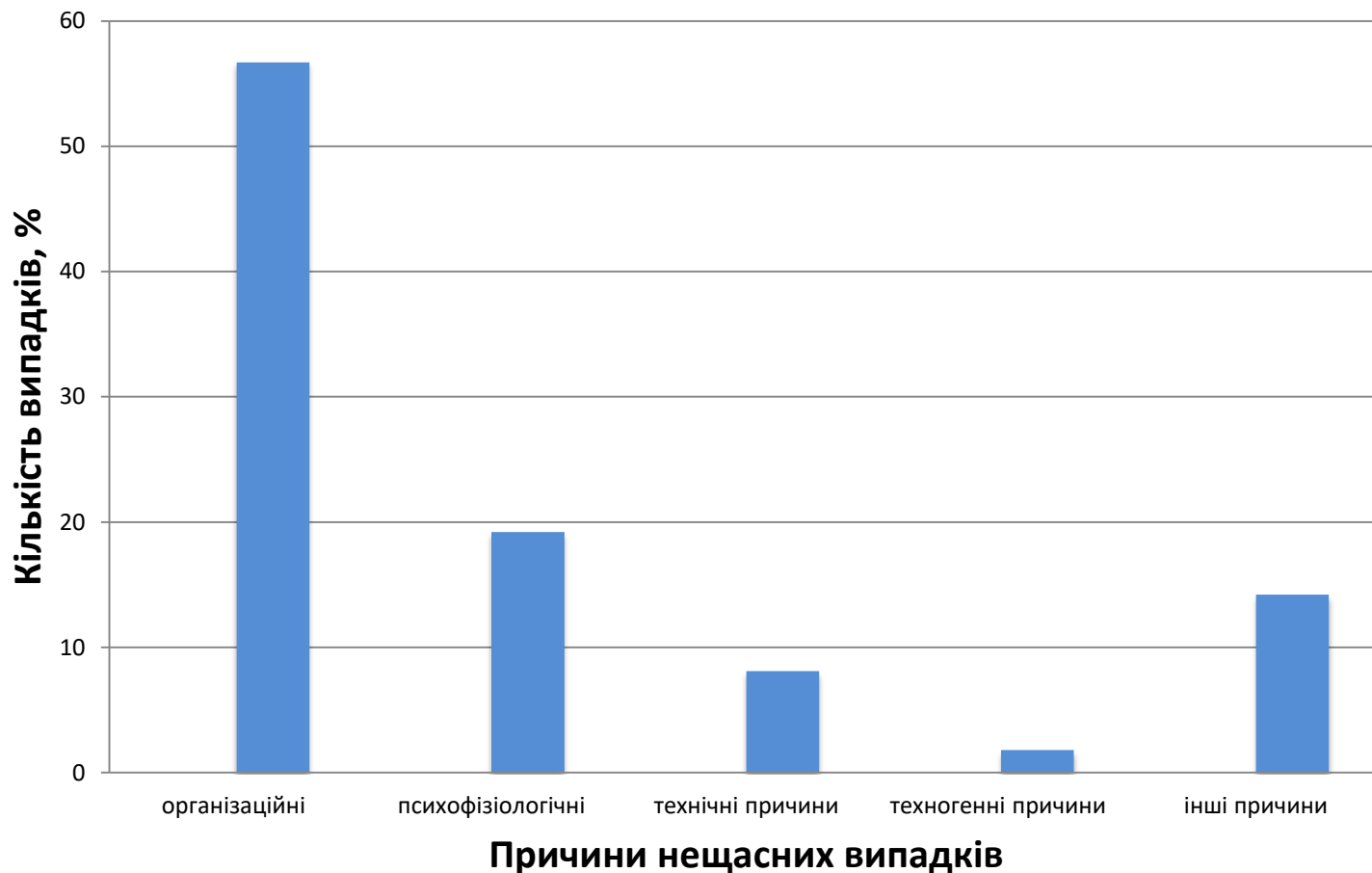
Предмет дослідження – умови праці робітників котелень, які в своєму складі містять водогрійні котли.

Мета роботи – дослідження та поліпшення стану охорони праці на підприємствах під час вироблення теплової енергії

Наукова новизна одержаних результатів полягає у тому, що за результатами проведених експериментальних досліджень в роботі:

- визначені основні причини травматизму на підприємствах під час вироблення теплової енергії;
- встановлені основні види аварій, які трапляються на підприємствах;
- визначені критерії оцінки рівня охорони праці на підприємстві;
- встановлені умови праці основних робітників підприємства;
- розроблені рекомендації по поліпшенню умов праці робітників котелень;
- підтверджена ефективність системи глушників для зменшення аеродинамічного шуму.

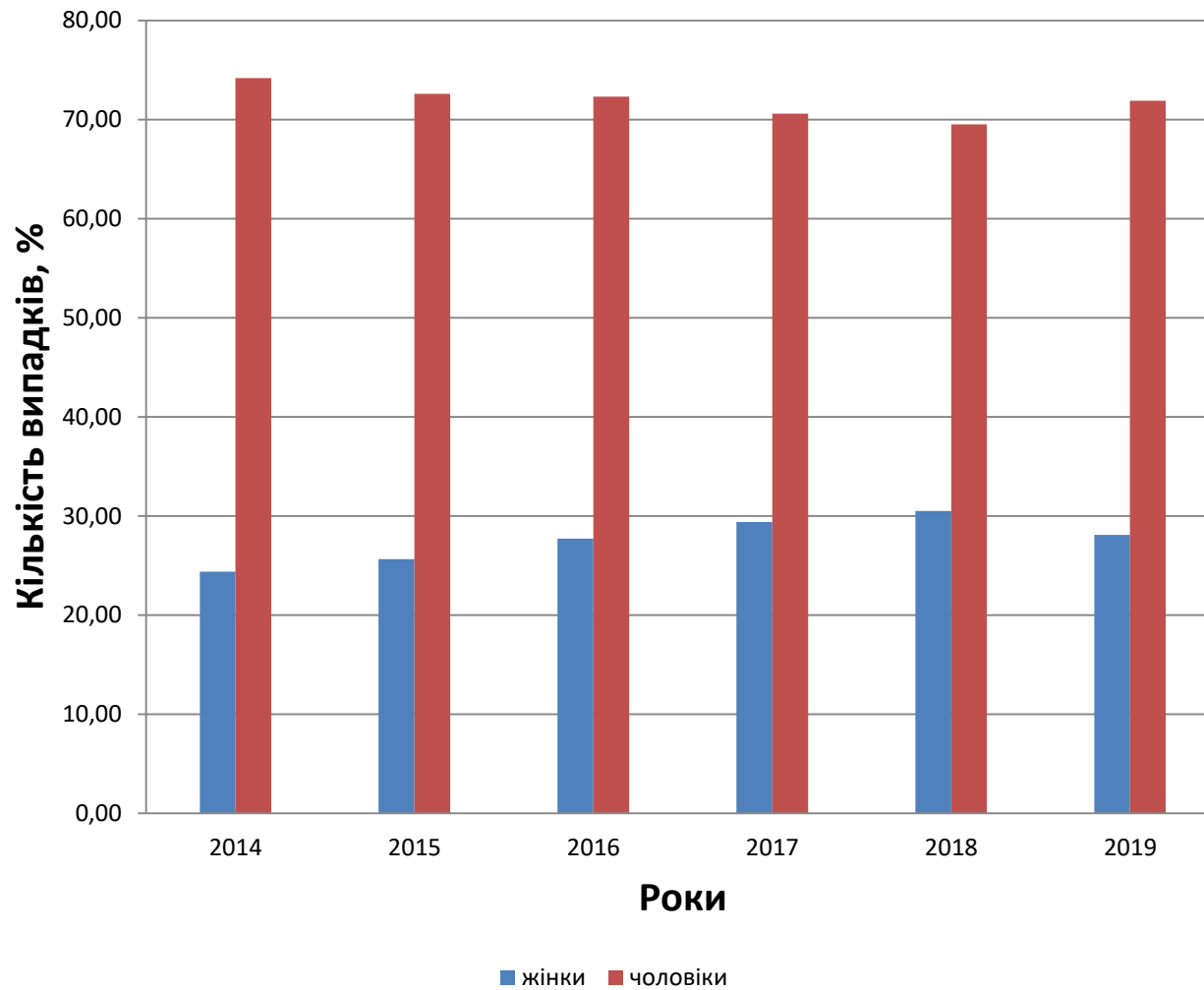
Діаграма розподілу причин нещасних випадків, що пов'язані з виробництвом (січень- вересень 2020 р.)



Розподіл подій, які складають організаційні причини, що призвели до нещасних випадків, які пов'язані з виробництвом

Причини	Загальна кількість випадків		Смертельні випадки	
	Кількість випадків, шт	Відсотковий розподіл, %	Кількість випадків, шт	Відсотковий розподіл, %
Невиконання вимог інструкцій з охорони праці	1122	51,42	29,1	51,32
Порушення вимог безпеки під час експлуатації транспорту загального користування	215	9,85	5,6	9,88
Невиконання посадових обов'язків	202	9,26	5,2	9,17
Інші організаційні причини;	154	7,06	4,0	7,05
Порушення технологічного процесу	105	4,81	2,7	4,76
Порушення вимог безпеки під час експлуатації обладнання, устаткування, машин, механізмів тощо	85	3,90	2,2	3,88

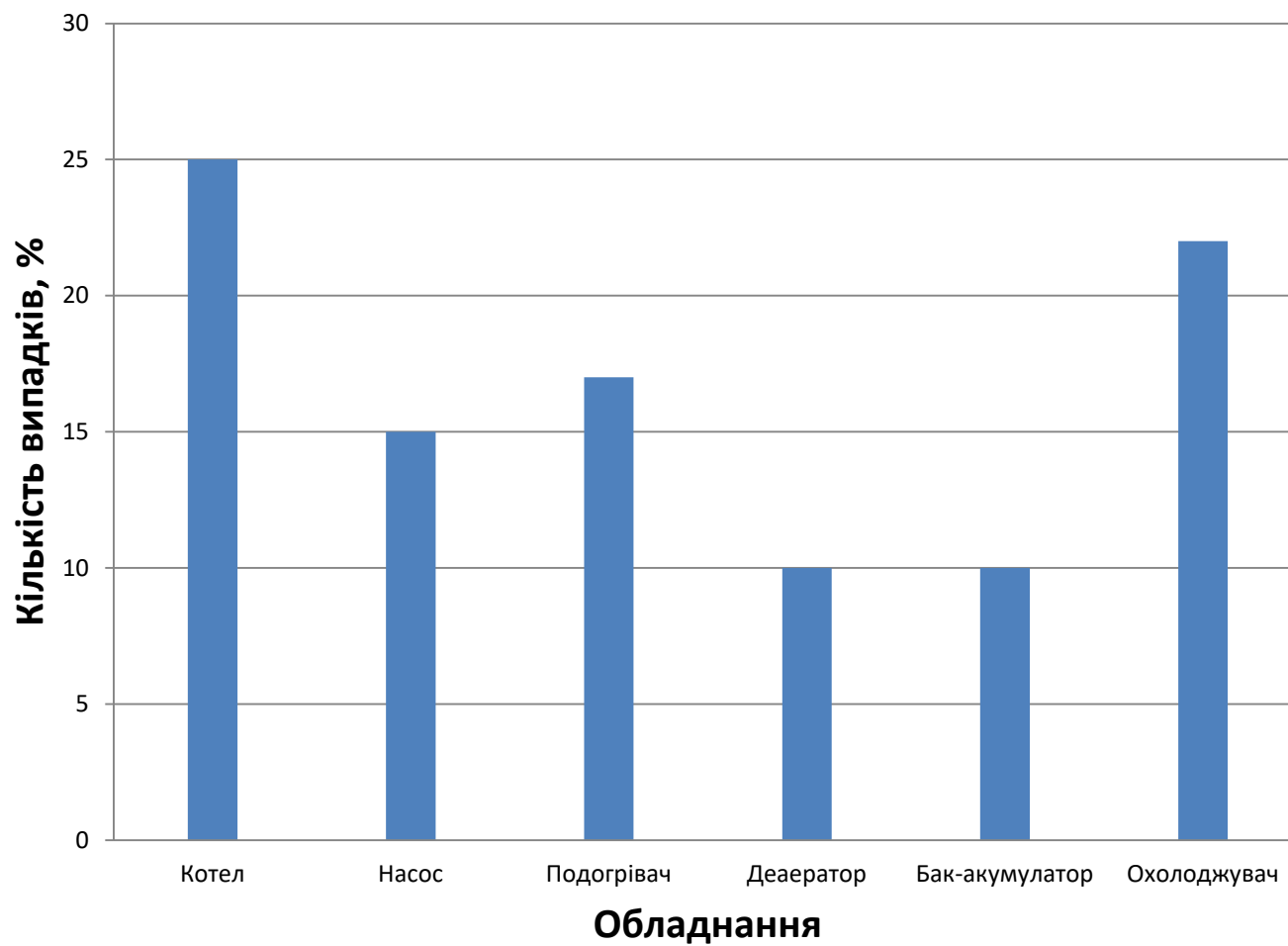
Розподіл за статтю травмованих робітників за 6 років у галузі (в Україні) ⁴



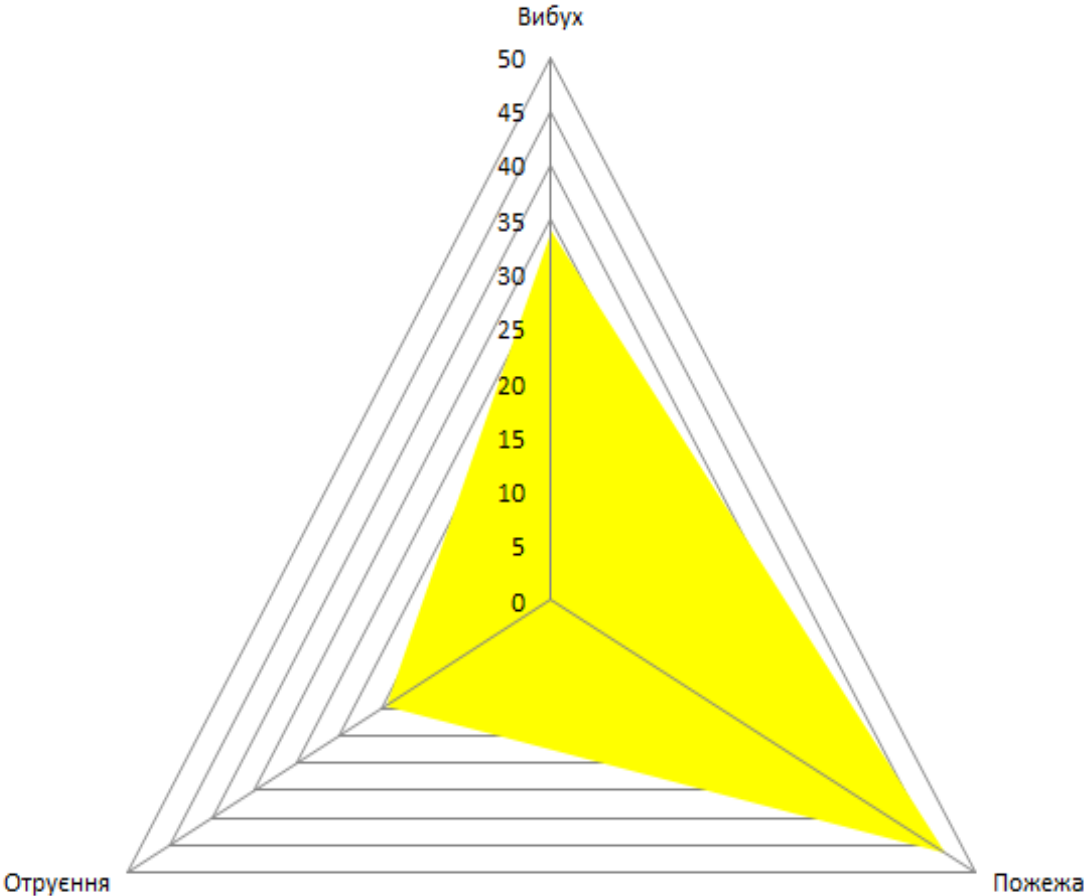
Розподіл рівню травматизму за видом технологічного процесу при виробленні теплової енергії



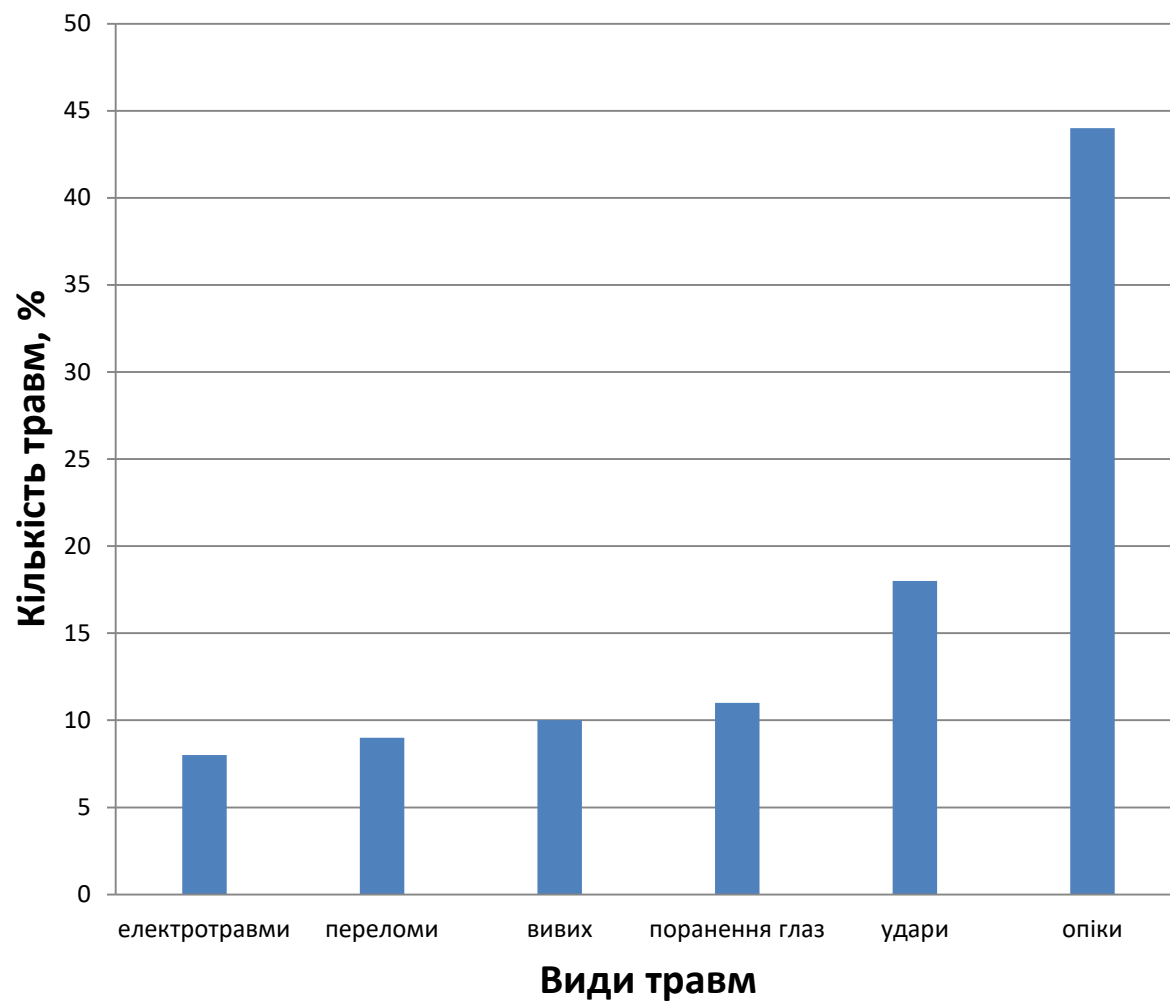
Розподіл нещасних випадків за видом технологічного обладнання 6



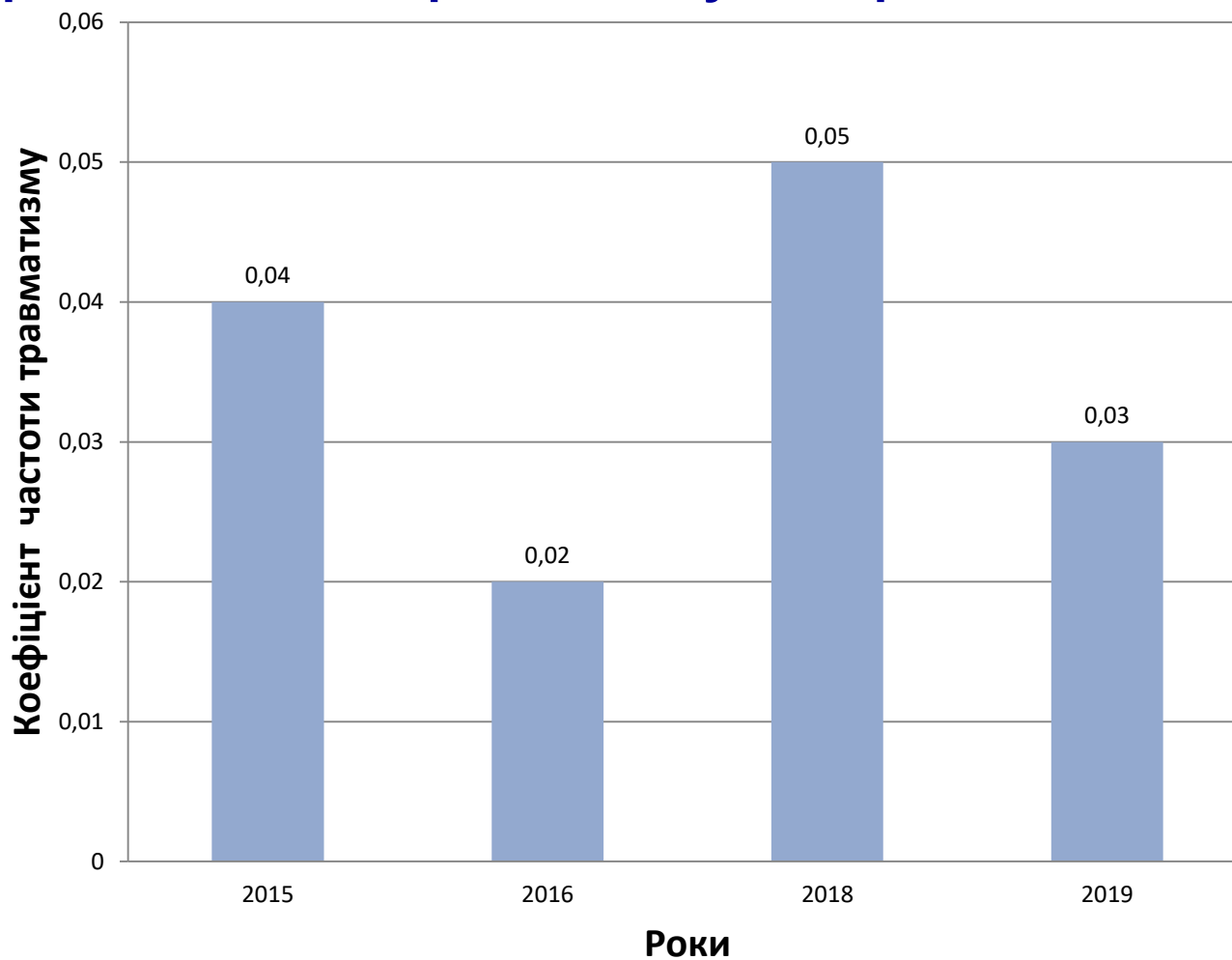
Вірогідність подій під час експлуатації котлів



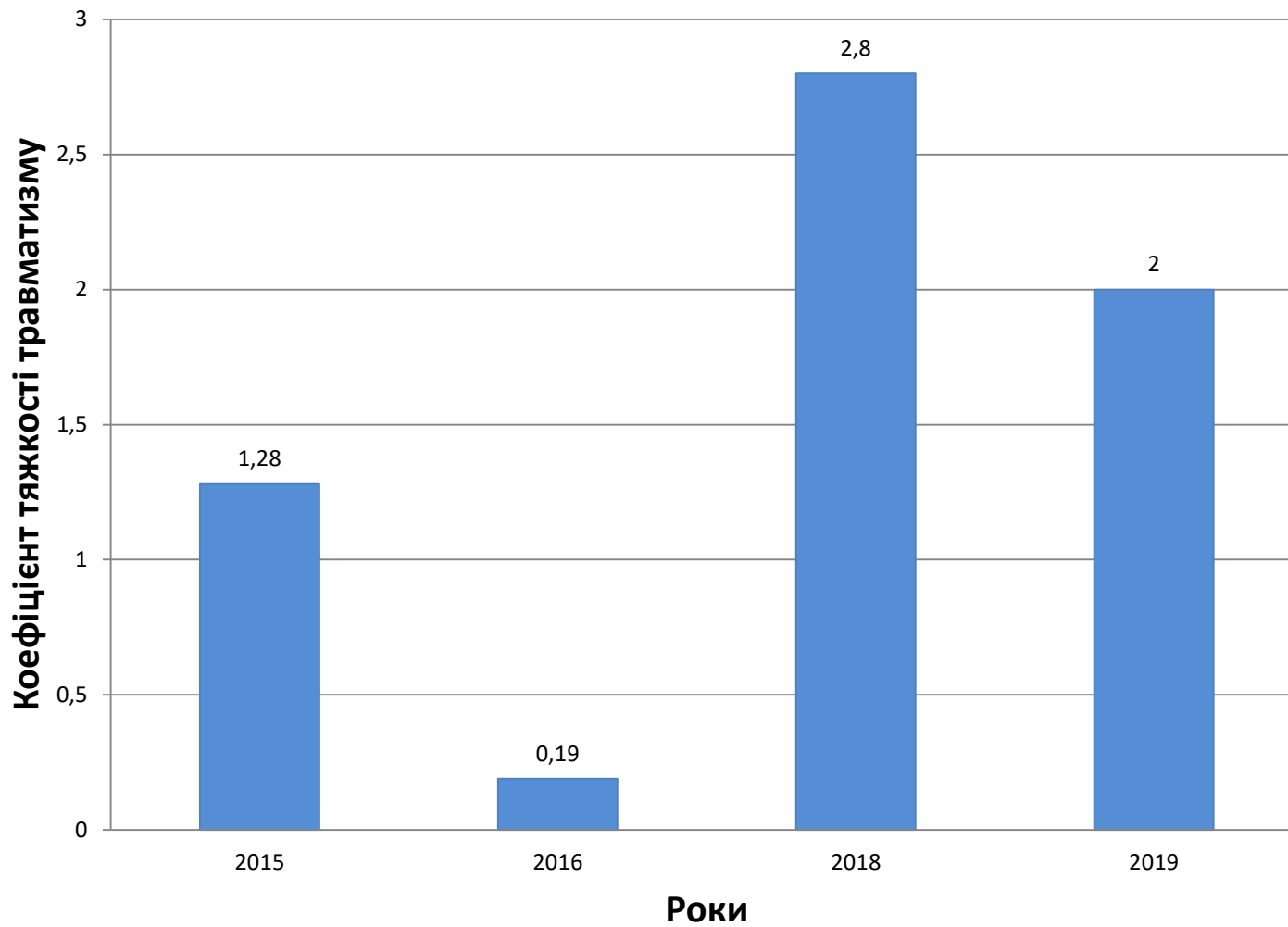
Розподіл травм за кількістю



Коефіцієнт частоти травматизму за період 2015-2019 р.р.



Коефіцієнт тяжкості травматизму за період 2015-2019р.р.



Вміст шкідливих речовин в повітрі робочої зони котельні

11

Цех (відділення)	Оксид вуглецю (II), мг/м ³	Діоксид сірки, мг/м ³	Вуглеводні, мг/м ³	Оксиди азоту, мг/м ³
Котельні	1,1-51,0	0-4,5	4,0-9,0	0,03-0,50
Хімічного водоочищення	не виявлено	0-10,1	не виявлено	0-0,05

ГДК в повітрі робочої зони: оксид вуглецю - 20,0 мг / м³, діоксид сірки - 10,0 мг/ м³, оксид азоту - 5,0 мг / м³.

Характеристика умов праці робітників котелень

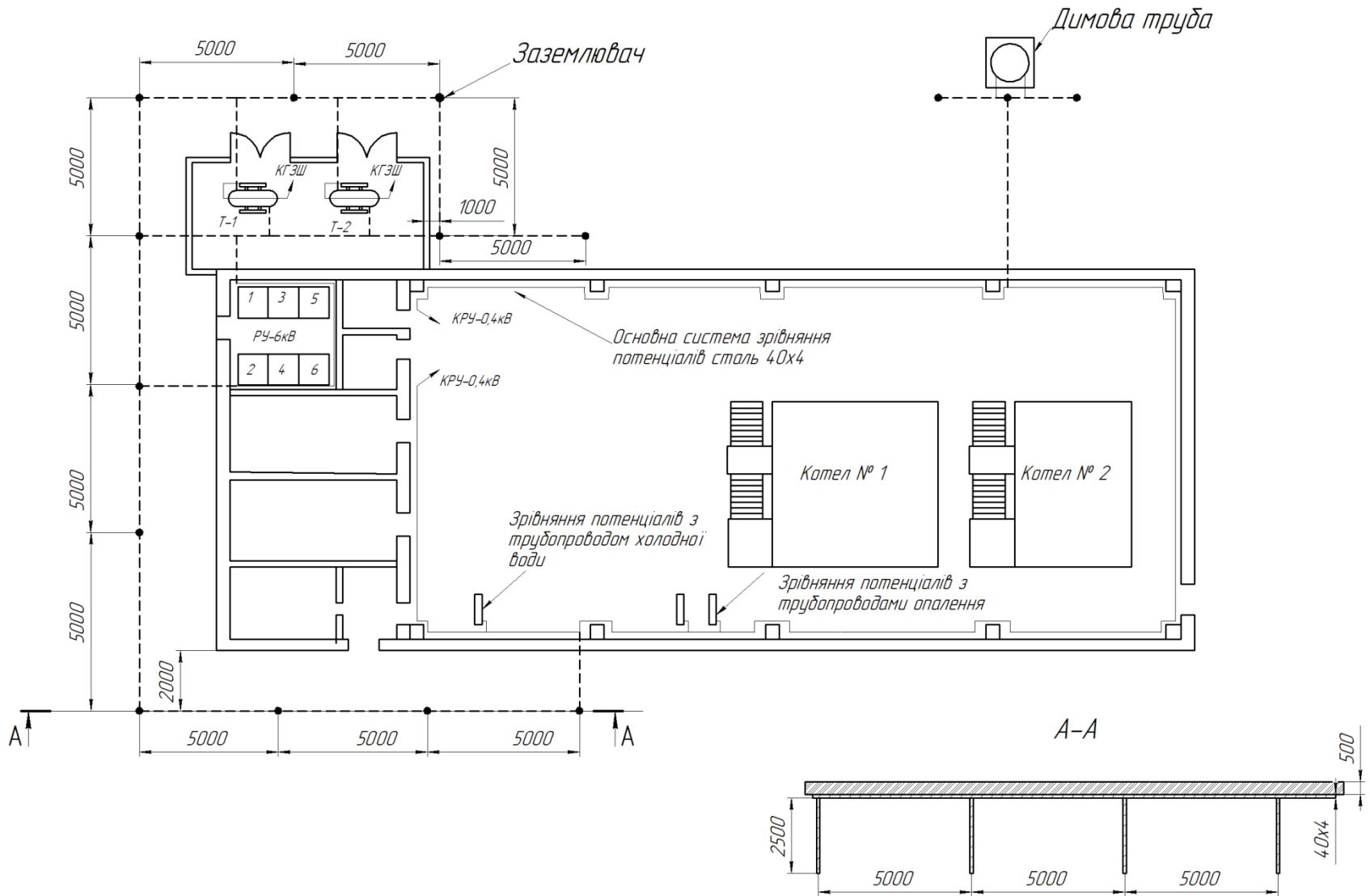
Фактори	Класи умов праці				
	Оптимальні	Допустимі	Шкідливі		
			3.1	3.2	3.3
Мікроклімат				+	
Хімічні речовини			+		
Важкість праці			+		
Напруженість праці				+	
Шум				+	
Освітленість			+		

Конструкція вибухового клапану типу ПГВУ 091-80

13



Схема заземлення приміщення котельної



Загальний вигляд дефлектору ЦАГІ

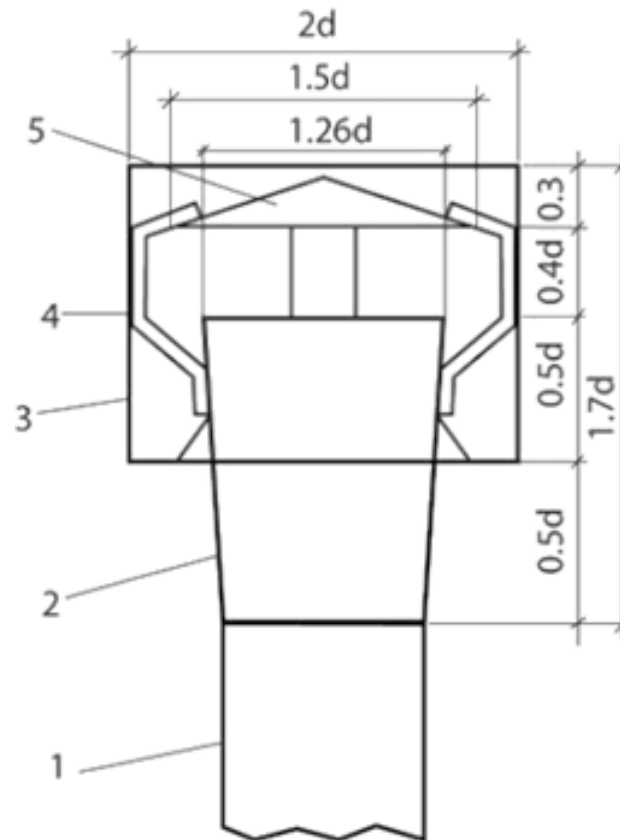
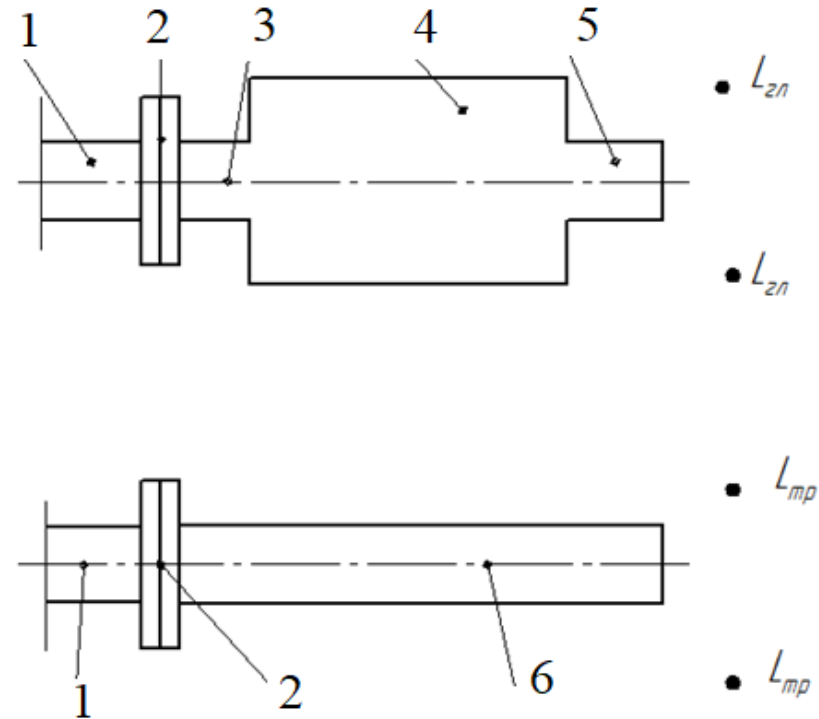
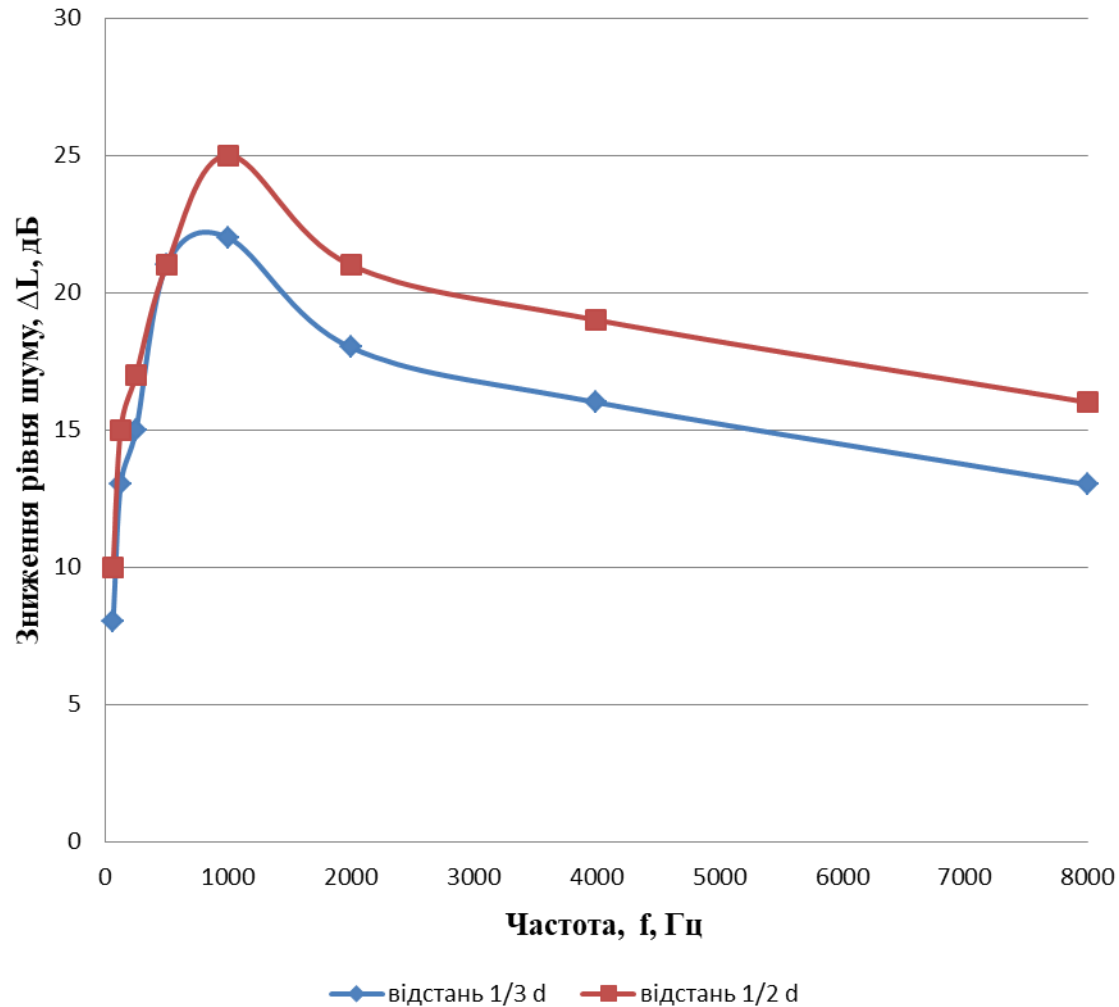


Схема розміщення глушників при визначенні їх ефективності

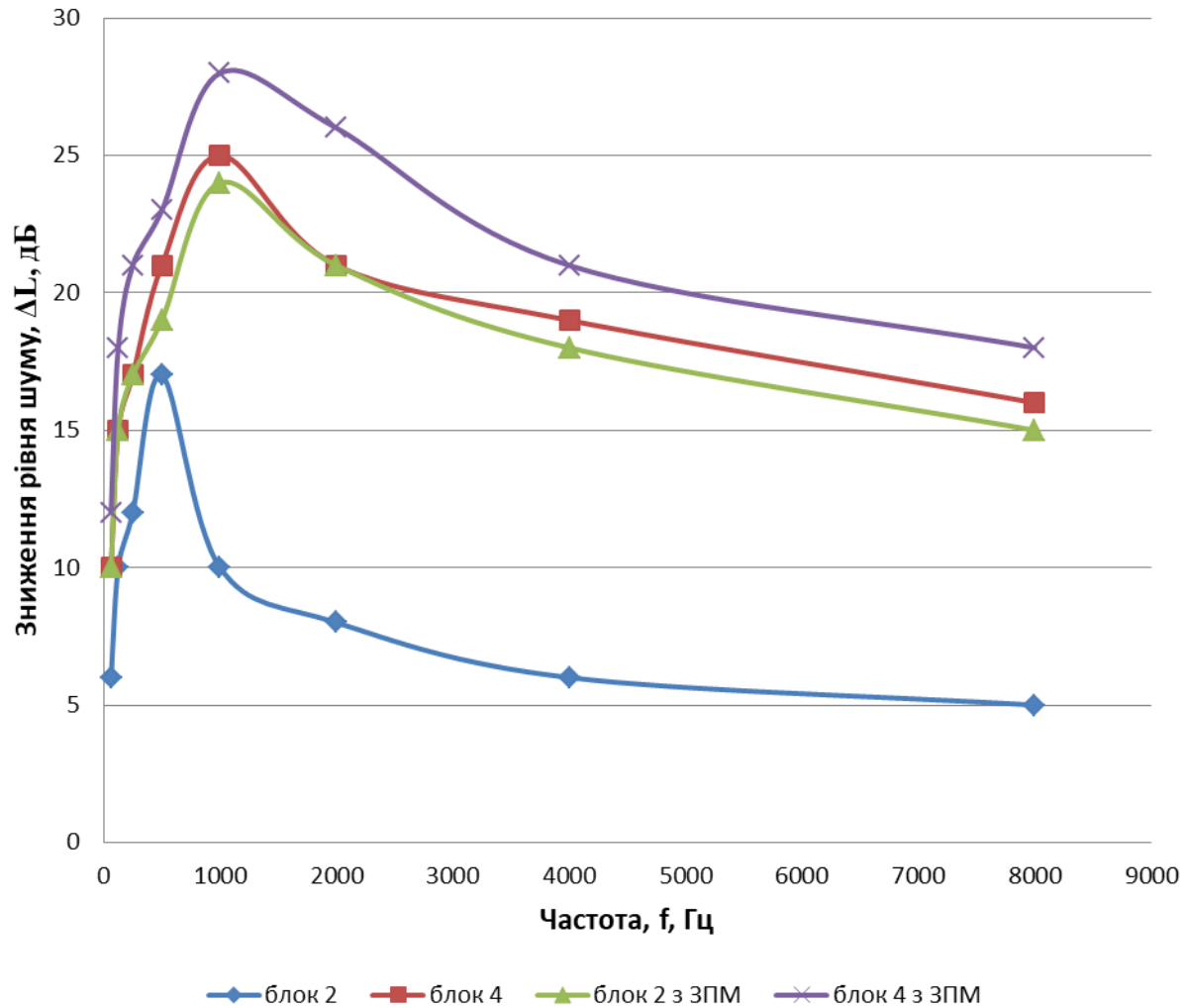


1 – трубопровід; 2 – фланець; 3 – вхідний патрубок глушника;
4 – глушник; 5 – вихідний патрубок глушника; 6 - трубопровід

Вплив зміни величини відстані між рядами пластин глушника на акустичну ефективність



Зміна акустичної ефективності глушника при використанні звукопоглинального матеріалу



Висновки

В результаті проведених в кваліфікаційній роботі теоретичних та експериментальних досліджень було отримано наступні результати:

- 1) на підприємствах по виробленню теплової енергії найбільш ймовірні аварії на котельних установках;
- 2) найбільш вірогідні травми, які відбуваються у котельні – опіки;
- 3) за аналізом даних за актам Н-1 встановлено, що основними причинами травмування на даних підприємствах є організаційні, які відбуваються разом з технічними або психофізичними причинами;
- 4) обробка статистичних даних за актами Н-1 та даних підприємства показала, що у 2018 році спостерігався найбільший коефіцієнт травмування на підприємстві 0,05, а максимальне значення коефіцієнту тяжкості відповідає також 2018 року та становить 2,8;
- 5) оцінка умов праці робітників котелень показала, що умови праці відповідають 3 класу другому ступеню;
- 6) для поліпшення параметрів мікроклімату рекомендовано організувати вентиляцію приміщень котелень з використанням дефлекторів при підтримці кратності повітрообміну не менше 3;
- 7) для попередження виникнення пожеж та вибухів рекомендовано використовувати вибухові клапани ПГВУ;
- 8) для зниження аеродинамічного шуму рекомендовано використання глушника, що містить в середині 3 ряди пластин з кутом нахилу 60° до осі з відстанню між пластинами $1/2$ діаметра та з внутрішнім покриттям стін глушника звукопоглинальним матеріалом ($\delta=5$ мм).