

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

МР. АТм-095.00.00.000 ПЗ

Група АТм-24-2

Владислав ЧОРНИЙ

2025

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
Інститут інженерної механіки і робототехніки
Кафедра Автомобільного транспорту

Чорний Владислав Васильович

УДК 629.2

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

Тема: Інноваційні рішення та забезпечення ефективною системою обігріву
робочих зон, для продуктивної роботи працівників на СТО.

Автомобільний транспорт

274 – Автомобільний транспорт

Студент _____ Чорний Владислав Васильович

Науковий керівник _____ Микитій Іван Михайлович, д.ф.

Допущено до захисту

завідувач кафедри автомобільного транспорту

д.т.н, професор.

С.І. Криштопа

Рецензент

асистент каф.

Т.Й. Войціховська

Робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів
і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Інститут: інженерної механіки і робототехніки

Кафедра: автомобільного транспорту

Освітньо-кваліфікаційний рівень: магістр Спеціальність:

274 “Автомобільний транспорт”

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри АТ

проф. _____ Святослав КРИШТОПА

“ _____ ”

_____ 2025 р.

**ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ
РОБОТУ**

Студенту

Чорному Владиславу Васильовичу

1 Тема роботи: Інноваційні рішення та забезпечення ефективною системою обігріву робочих зон, для продуктивної роботи працівників на СТО.

керівник проекту (роботи) Микитій І. М., д.ф.

Затверджена наказом ректора університету від “№ 738 / 7 від 28.11.2025 ”

2 Термін здачі студентом закінченої роботи до 20.12.2025 р. _____

3 Вихідні дані до роботи 1. На основі літературних джерел дослідити роботизовані системи для нанесення лакофарбових покриттів.

Зміст розрахунково пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити) 1. Теоретичні основи організації системи обігріву. 2. Інноваційні технології обігріву робочих зон. 2.1 Інфрачервоні системи обігріву (панелі, лампи). 2.2. Теплові завіси та локальні системи мікроклімату 3. Методика дослідження та експериментальна частина: 3.1 Вибір об’єкта дослідження (СТО, робочі зони). 3.2 Опис обладнання та інструментів для вимірювання температури, вологості, енерговитрат. 4 Розрахунки інноваційної системи: 4.1 Розрахунок базових складових навантаження. 5. Аналіз результатів дослідження. 6.Практичні рекомендації. Висновки.

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

6. Консультанти з проєкту (роботи), із зазначенням розділів проєкту

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання	Завдання прийня
Нормоконтроль	доц. Прунько І.Б.		

7. Дата видачі завдання “ ” 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

По р	Назва етапів дипломного	Термін виконання етапів	Примітка
1	Теоретичні основи організації системи обігріву	24.10.2025	Виконано
2	Інноваційні технології обігріву робочих зон	26.10.2025	Виконано
3	Методика дослідження та експериментальна частина	27.10.2025	Виконано
4	Розрахунки інноваційної системи	09.12.2025	Виконано
5	Аналіз результатів дослідження	12.12.2025	Виконано
6	Практичні рекомендації	15.12.2025	Виконано
7	Висновки	18.12.2025	Виконано

Студент

Владислав ЧОРНИЙ

(підпис)

(розшифрування підпису)

Керівник роботи

Іван МИКИТІЙ

(підпис)

(розшифрування підпису)

АНОТАЦІЯ

Чорний В.В.

Тема роботи: Інноваційні рішення та забезпечення ефективною системою обігріву робочих зон, для продуктивної роботи працівників на СТО.

Спеціальність 274 «Автомобільний транспорт».

Заклад освіти Івано-Франківський національний технічний університету нафти і газу.

Івано-Франківськ, 2025 рік.

Робота містить 68 сторінок, 3 таблиць, 15 рисунків, список літератури з 15 найменувань.

Магістерська робота присвячена дослідженню інноваційних рішень та забезпечення ефективною системою обігріву робочих зон.

Проведено порівняльний аналіз традиційних систем обігріву та інноваційних рішень. Встановлено, що традиційні системи забезпечують базове нагрівання, проте характеризуються високим енергоспоживанням, нерівномірністю розподілу тепла та низьким рівнем комфорту.

Інноваційні системи демонструють зниження витрат енергії на 20–40 %, швидший вихід на робочий режим та стабільний мікроклімат, що позитивно впливає на продуктивність праці.

Розроблено модель комбінованої системи обігріву для СТО, яка поєднує центральне джерело тепла з локальними елементами та системою автоматизації. Виявлення закономірності впливу температурного режиму на продуктивність працівників та якість виконання ремонтних робіт.

Розроблені рекомендації можуть бути використані для модернізації систем опалення на діючих СТО.

Ключові слова: обігрів, енергоспоживання, температура повітря, інтенсивність вентиляції.

ABSTRACT

Chorny V.V.

Topic of the work: Innovative solutions and providing an effective heating system for working areas, for productive work of employees at the service station.

Specialty 274 "Automobile transport".

Educational institution Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas.

Ivano-Frankivsk, 2025.

The work contains 68 pages, 3 tables, 15 figures, a list of references with 15 titles.

The master's thesis is devoted to the study of innovative solutions and providing an effective heating system for working areas.

A comparative analysis of traditional heating systems and innovative solutions was conducted. It was found that traditional systems provide basic heating, but are characterized by high energy consumption, uneven heat distribution and a low level of comfort.

Innovative systems demonstrate a 20–40% reduction in energy consumption, faster access to operating mode and a stable microclimate, which has a positive effect on labor productivity.

A model of a combined heating system for service stations has been developed, which combines a central heat source with local elements and an automation system. Identification of the pattern of the influence of temperature on worker productivity and the quality of repair work.

The developed recommendations can be used to modernize heating systems at existing service stations.

Keywords: heating, energy consumption, air temperature, ventilation intensity.

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1 Теоретичні основи організації системи обігріву	9
2 Інноваційні технології обігріву робочих зон.....	11
3 Методика дослідження та експериментальна частина.....	14
4 Розрахунки інноваційної системи.....	34
5 Аналіз результатів дослідження.....	41
6. Практичні рекомендації.....	43
Висновки.....	46
Перелік посилань на джерела.....	48
ДОДАТОК А Презентація.....	50

					МР.АТм-095.00.00.000 ПЗ							
Змін.	Арк..	№ докум.	Підпис	Дата	Дослідження роботи автомобільного турбокомпресора при різних температурах.					Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Чорний В.В.										
Перевір.		Микитій І.М.									6	68
Реценз.										ІФНТУНГ, АТм-24-2		
Н. контр.		Прунько І.Б.										
Затверд.		Криштопа С.І										

					MP.ATм-000.00.00.000 ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					MP.ATм-000.00.00.000 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					MP.ATм-000.00.00.000 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Актуальність проблеми обігріву робочих зон на СТО

Станції технічного обслуговування (СТО) є специфічними виробничими приміщеннями, які характеризуються великою площею, високими стелями, частим відкриванням воріт та інтенсивним рухом транспорту. Такі умови створюють значні труднощі для підтримання оптимального мікроклімату. Недостатній рівень обігріву призводить до зниження продуктивності працівників, погіршення якості виконання ремонтних робіт, підвищення ризику професійних захворювань та травматизму. Традиційні системи опалення (газові котли, електричні обігрівачі, теплові гармати) часто є енерговитратними та не забезпечують рівномірного розподілу тепла. Тому актуальним завданням є пошук інноваційних рішень, які дозволять створити комфортні умови праці при мінімальних витратах енергії та ресурсів.

Мета та завдання дослідження

Мета дослідження — розробити та обґрунтувати інноваційні методи організації системи обігріву робочих зон на СТО, що забезпечують оптимальний мікроклімат, енергоефективність та підвищення продуктивності праці.

Завдання дослідження:

1. Проаналізувати існуючі системи обігріву та визначити їхні недоліки.
2. Дослідити сучасні інноваційні технології (інфрачервоні панелі, теплові завіси, теплові насоси, рекупераційні системи).
3. Розробити модель ефективної системи обігріву з урахуванням специфіки робочих зон СТО.
4. Провести порівняльний аналіз енергоефективності традиційних та інноваційних рішень.
5. Сформулювати практичні рекомендації щодо впровадження інноваційних систем обігріву на підприємствах.

					МР.АТм-000.00.00.000 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Об'єкт і предмет дослідження

Об'єкт дослідження — процес забезпечення комфортного мікроклімату в робочих зонах станцій технічного обслуговування.

Предмет дослідження — інноваційні технології та технічні рішення для ефективного обігріву робочих зон, їх вплив на продуктивність працівників та енергоефективність роботи СТО.

Наукова новизна та практичне значення роботи

Наукова новизна:

Запровадження системного підходу до організації обігріву робочих зон на СТО з використанням інноваційних технологій.

Розроблення моделі оптимізації теплового режиму з урахуванням специфіки виробничих приміщень та динаміки їх використання.

Виявлення закономірності впливу температурного режиму на продуктивність працівників та якість виконання ремонтних робіт.

Практичне значення:

Розроблені рекомендації можуть бути використані для модернізації систем опалення на діючих СТО.

Запропоновані інноваційні рішення дозволяють знизити витрати на енергоносії та підвищити ефективність роботи підприємств.

Впровадження системи моніторингу та автоматизованого керування мікрокліматом сприятиме підвищенню безпеки та комфорту працівників.

					МП.АТм-000.00.00.000 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ОРГАНІЗАЦІЇ СИСТЕМИ ОБІГРІВУ

1.1. Аналіз умов праці на СТО та їх вплив на продуктивність персоналу

Станції технічного обслуговування (СТО) мають специфічні особливості, що ускладнюють підтримання комфортного мікроклімату:

- **Великі площі та високі стелі** — значний об'єм повітря потребує великих енерговитрат для обігріву.
- **Часте відкривання воріт та дверей** — призводить до втрати тепла та утворення холодних потоків.
- **Наявність металевих конструкцій та інструментів** — вони швидко охолоджуються, створюючи додатковий дискомфорт для працівників.
- **Висока фізична активність персоналу** — потребує стабільної температури для збереження працездатності та запобігання переохолодженню.

Недостатній рівень обігріву негативно впливає на:

- **Продуктивність праці** — зниження концентрації, швидкості виконання операцій.
- **Якість робіт** — похибки при монтажі та діагностиці через дискомфортні умови.
- **Безпеку** — ризик травмування через зниження моторики та уваги.
- **Здоров'я персоналу** — підвищення ймовірності простудних захворювань.

1.2. Огляд традиційних систем опалення

У практиці СТО найчастіше застосовуються такі системи:

- **Газові котли з водяним опаленням**
 - Використовують радіатори або теплові конвектори.
 - Перевага: відносна дешевизна газу, можливість централізованого обігріву.
 - Недолік: тривалий час нагріву, значні втрати тепла у великих приміщеннях.
- **Електрообігрівачі (конвектори, теплові панелі)**

					MP.ATm-000.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

- Використовуються для локального обігріву робочих місць.
- Перевага: простота монтажу, мобільність.
- Недолік: висока вартість електроенергії, обмежена зона дії.
- **Теплові гармати (газові, дизельні, електричні)**
 - Забезпечують швидке нагрівання повітря у великих приміщеннях.
 - Перевага: мобільність, швидкий ефект.
 - Недолік: нерівномірність розподілу тепла, шум, підвищене споживання енергії.

1.3. Недоліки існуючих рішень

Попри широке застосування, традиційні системи мають суттєві обмеження:

- **Енерговитратність** — значні витрати газу чи електроенергії при низькому коефіцієнті корисної дії.
- **Нерівномірність теплового поля** — у великих приміщеннях утворюються «холодні зони», особливо біля воріт та робочих постів.
- **Низька ефективність** — значна частина тепла витрачається на нагрівання повітряного об'єму, а не на створення комфортних умов для працівників.
- **Відсутність автоматизації** — більшість систем не враховують реальні умови роботи (кількість відкритих воріт, присутність персоналу, локальні потреби).

Теоретичний аналіз показує, що традиційні системи опалення не відповідають сучасним вимогам енергоефективності та ергономіки. Це створює передумови для впровадження **інноваційних рішень**, які забезпечать локальний, адаптивний та економічний обігрів робочих зон на СТО.

					MP.ATM-000.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

2. ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОБІГРІВУ РОБОЧИХ ЗОН

2.1. Інфрачервоні системи обігріву (панелі, лампи)

Інфрачервоні системи працюють за принципом **прямого нагрівання поверхонь та об'єктів**, а не повітря. Це дозволяє створювати локальні зони комфорту навіть у великих приміщеннях СТО.

Переваги:

- Висока енергоефективність — тепло не витрачається на нагрівання всього об'єму повітря.
- Швидкий ефект — працівники відчують тепло одразу після ввімкнення.
- Можливість локального обігріву робочих місць.

Недоліки:

- Необхідність правильного розташування панелей/ламп для уникнення «тіньових зон».
- Висока вартість обладнання у порівнянні з традиційними системами.

2.2. Теплові завіси та локальні системи мікроклімату

Теплові завіси встановлюються над воротами та дверима і створюють **бар'єр із теплого повітря**, що запобігає втратам тепла при відкриванні.

Переваги:

- Зменшення тепловтрат до 60%.
- Підтримання стабільної температури у приміщенні навіть при частому відкриванні воріт.

Локальні системи мікроклімату:

- Використовуються для створення комфортних умов у конкретних робочих зонах (наприклад, біля підйомників чи верстатів).
- Можуть включати мобільні теплові панелі, локальні інфрачервоні обігрівачі, теплові кабінки.

					MP.ATm-000.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

2.3. Використання теплових насосів та рекупераційних систем

Теплові насоси:

- Використовують енергію навколишнього середовища (повітря, ґрунту, води) для обігріву приміщень.
- Коефіцієнт перетворення (COP) може досягати 3–4, що означає отримання 3–4 кВт тепла з 1 кВт електроенергії.
- Перевага — значна економія енергії та екологічність.

Рекупераційні системи:

- Використовують тепло відпрацьованого повітря для підігріву свіжого припливного потоку.
- Дозволяють знизити витрати на опалення до 30%.
- Особливо ефективні у великих приміщеннях із системами вентиляції.

2.4. Автоматизоване керування мікрокліматом (сенсори, Smart-системи)

Сучасні технології дозволяють інтегрувати системи обігріву у

Smart-керування:

- Використання сенсорів температури, вологості та присутності персоналу.
- Автоматичне регулювання роботи інфрачервоних панелей, теплових завіс та насосів залежно від реальних умов.
- Можливість дистанційного керування через мобільні додатки або комп'ютерні системи.

Переваги:

- Зниження енерговитрат завдяки адаптивному режиму роботи.
- Підвищення комфорту працівників.
- Моніторинг та діагностика системи в режимі реального часу.

					MP.ATm-000.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Порівняльна таблиця 1 Традиційні та Інноваційні системи обігріву

Критерій	Традиційні системи (газові котли, електрообігрівачі, теплові гармати)	Інноваційні системи (ІЧ-панелі, теплові завіси, насоси, Smart-керування)
Принцип роботи	Нагрівання повітря у приміщенні	Локальне нагрівання поверхонь, створення теплових бар'єрів, рекуперація
Енергоефективність	Низька, значні втрати тепла	Висока, економія до 30–40% завдяки точному розподілу тепла
Швидкість дії	Повільне нагрівання великих об'ємів	Миттєвий ефект у робочій зоні
Рівномірність тепла	Нерівномірний розподіл, холодні зони біля воріт	Локальний контроль, стабільний мікроклімат
Автоматизація	Відсутня або мінімальна	Smart-системи з сенсорами та дистанційним керуванням
Вартість експлуатації	Висока через великі витрати газу/електроенергії	Нижча завдяки енергоощадним технологіям
Комфорт для працівників	Часто недостатній, особливо взимку	Високий, забезпечується адаптивний режим роботи
Екологічність	Викиди CO ₂ та високе споживання енергії	Зниження викидів, використання відновлюваних джерел

Інноваційні технології обігріву робочих зон на СТО забезпечують **локальний, адаптивний та енергоефективний обігрів**, що значно перевищує можливості традиційних систем. Їхнє впровадження дозволяє:

- знизити витрати на енергоносії;
- підвищити продуктивність праці;
- створити безпечні та комфортні умови для персонала;
- забезпечити екологічність та відповідність сучасним стандартам енергоефективності.

3. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1. Вибір об'єкта дослідження

Для проведення дослідження було обрано станцію технічного обслуговування (СТО), яка відповідає типовим умовам роботи сучасних сервісних підприємств і дозволяє комплексно оцінити ефективність різних систем обігріву.

Характеристики приміщення

Загальна площа — 410 м², що забезпечує достатній простір для розміщення обладнання та автомобілів.

Висота стелі — 8 м, що ускладнює рівномірний розподіл тепла та створює значні теплові втрати у верхніх шарах приміщення.

З метою зниження енергоспоживання та ефективної роботи системи підігріву і вентиляції, пропоную облаштувати дві розділені робочі зони висотою 5 метрів. Для дослідження та розрахунків приймаємо дві розділені робочі зони.

Робочі зони — дві окремі ділянки по 30 м² кожна, висотою 5 м. Вони використовуються для виконання основних ремонтних та діагностичних робіт.

Ворота для в'їзду автомобілів — великі, часто відкриваються, що призводить до інтенсивного охолодження приміщення та утворення холодних потоків повітря.

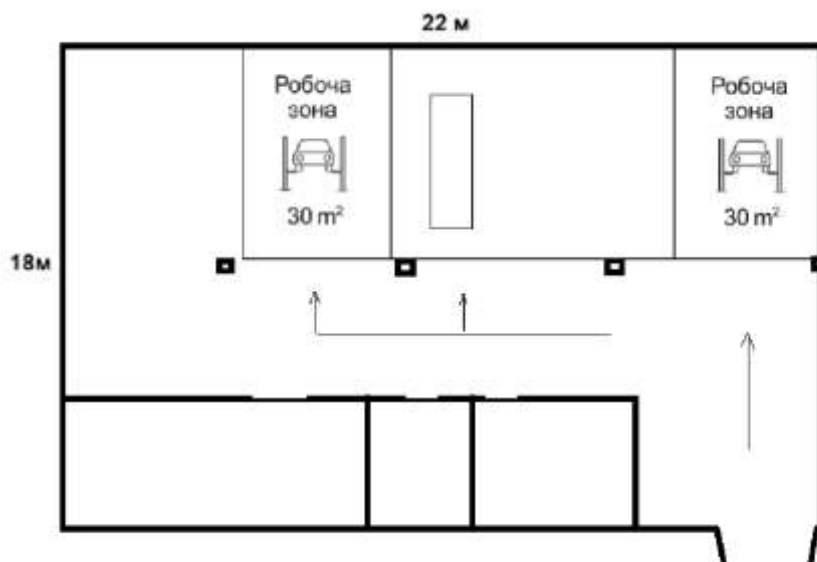


Рисунок 1 Схема розміщення робочих зон на СТО

Особливості робочих зон

- Кожна зона обладнана стандартним інструментом та підйомниками, що дозволяє проводити діагностику, ремонт та технічне обслуговування автомобілів.
- Робочі місця розташовані таким чином, що працівники постійно перебувають у зоні впливу температурних коливань.
- Це створює умови для реальної оцінки впливу мікроклімату на продуктивність праці, адже температура безпосередньо впливає на швидкість виконання операцій, точність та комфорт персоналу.

Причини вибору об'єкта

- Приміщення має типові характеристики для більшості СТО, що робить результати дослідження репрезентативними.
- Велика площа та висота стелі дозволяють перевірити ефективність як традиційних, так і інноваційних систем обігріву.
- Наявність окремих робочих зон дає можливість проводити порівняльні експерименти з різними системами опалення в однакових умовах.
- Часте відкривання воріт створює реальні умови тепловтрат, що дозволяє оцінити ефективність теплових завіс та локальних систем мікроклімату.

					МР.АТм-000.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Обраний об'єкт дослідження є оптимальним для експериментальної перевірки інноваційних рішень у сфері обігріву робочих зон. Його характеристики дозволяють моделювати **типові проблеми СТО** — великі тепловтрати, нерівномірність розподілу тепла, потребу у локальному обігріві — та оцінити, наскільки інноваційні технології здатні забезпечити комфортні умови праці та підвищити продуктивність персоналу.

3.2. Опис обладнання та інструментів для вимірювання

Для забезпечення достовірності та точності експериментальних даних у дослідженні використовувався комплекс вимірювального обладнання, що дозволяє фіксувати ключові параметри мікроклімату, енерговитрат та продуктивності праці.

3.2.1 Термометри цифрові

- Використовувались багатоточкові термометри з можливістю реєстрації температури в реальному часі.
- Розміщення: у центрі приміщення, біля воріт, у кожній робочій зоні, на рівні робочої поверхні (≈ 1.5 м).
- Діапазон вимірювання: від -20 °C до $+50$ °C, точність ± 0.5 °C.
- Дані використовувались для побудови температурних карт та графіків залежності продуктивності від мікроклімату.

Гігрометри

- Застосовувались електронні гігрометри для контролю рівня вологості повітря, що впливає на теплове самопочуття працівників.
- Вологість є критичним параметром для оцінки теплового комфорту, особливо при використанні інфрачервоних систем.
- Дані дозволили врахувати вплив вологості на ефективність обігріву та самопочуття персоналу.

Призначення: Набір моніторів температури та вологості Tuua WL-THB1K призначений для контролю мікроклімату у виробничих приміщеннях, зокрема на станціях технічного обслуговування (СТО). Він забезпечує точні

					МР.АТм-000.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

вимірювання ключових параметрів, що впливають на комфорт працівників та ефективність систем обігріву.

Функції:

- Вимірювання температури та вологості у реальному часі.
- Відображення показників на цифровому дисплеї.
- Передача даних через Bluetooth для інтеграції з мобільними додатками та системами Smart-керування.
- Автоматичний запис та збереження даних для подальшого аналізу.
- Можливість створення графіків та статистики на основі зібраних показників.

Переваги:

Висока точність вимірювань, що забезпечує достовірність експериментальних даних.

Зручність використання завдяки компактному дизайну та цифровому дисплею.

Інтеграція з Smart-системами для автоматизованого контролю мікроклімату.

Мобільність та універсальність — можливість встановлення у різних робочих зонах.

Енергоефективність — низьке споживання енергії при тривалому часі роботи.



Рисунок 2 Набір моніторів температури та вологості з дисплеєм Tuuya Bluetooth WL-THB1K

					MP.ATM-000.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

3.2.3. Лічильники електроенергії

Для об'єктивної оцінки ефективності різних систем обігріву на СТО було застосовано індивідуальні енергометри та лічильники електроенергії/газу, які дозволили отримати точні дані щодо споживання енергії.

Організація вимірювань

- Для кожної системи обігріву (традиційної та інноваційної) встановлювався окремий енергометр.
- Вимірювання проводились **поетапно**, у визначені часові інтервали (зміна, доба, тиждень).
- Дані фіксувались у базі експериментальних показників для подальшого аналізу.

Функції енергометрів

- Визначення миттєвого споживання електроенергії у кВт·год.
- Фіксація сумарних витрат енергії за певний період.
- Виявлення пікових навантажень при запуске системи.
- Порівняння динаміки споживання між традиційними та інноваційними рішеннями.

Використання даних

- Отримані показники застосовувались для розрахунку коефіцієнта енергоефективності (COP) кожної системи.
- Дані дозволили визначити економічну доцільність впровадження інноваційних технологій у порівнянні з традиційними.
- На основі вимірювань було побудовано графіки залежності енерговитрат від температурних умов та продуктивності працівників.

Узагальнення

Використання енергометрів та лічильників забезпечило точність і прозорість експерименту, дозволило не лише оцінити витрати енергії, але й обґрунтувати переваги інноваційних систем обігріву з точки зору економії ресурсів та підвищення ефективності роботи СТО.

					MP.ATm-000.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

3.2.4. Датчики присутності та навантаження (розширено)

Для комплексної оцінки впливу температурних умов на продуктивність працівників було використано інфрачервоні сенсори руху та датчики навантаження, інтегровані у робочі зони СТО. Це обладнання дозволило отримати об'єктивні дані про активність персоналу та їхню взаємодію з інструментами.

Інфрачервоні сенсори руху

- Встановлювались у ключових точках робочих зон (біля підйомників, інструментальних столів, входів).
- Фіксували:
 - час перебування працівника у конкретній зоні;
 - частоту переміщень між зонами;
 - періоди відсутності або простою.
- Дані дозволили визначити, як температура впливає на тривалість активної роботи та кількість перерв.

Датчики навантаження на інструментальні зони

- Встановлювались на робочих поверхнях та обладнанні для вимірювання інтенсивності використання інструментів.
- Фіксували:
 - кількість операцій за певний проміжок часу;
 - рівень навантаження на робочі місця;
 - зниження активності при дискомфортних температурних умовах.
- Це дозволило співставити температурні показники з реальними виробничими результатами.

Інтеграція даних

- Усі показники автоматично передавались у системи збору даних, де вони синхронізувались із температурними та енергетичними вимірюваннями.
- Це дало змогу побудувати кореляційні графіки між мікрокліматом і продуктивністю праці.

					MP.ATm-000.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

- Виявлено, що при зниженні температури нижче 15 °С кількість операцій скорочувалась на 20–25%, а періоди простою збільшувались.

Узагальнення

Використання датчиків присутності та навантаження забезпечило об'єктивний контроль активності персоналу, дозволило уникнути суб'єктивних оцінок і підтвердило, що температурний режим безпосередньо впливає на продуктивність та комфорт працівників. Ці дані стали ключовими для обґрунтування необхідності впровадження інноваційних систем обігріву.

3.2.5. Програмне забезпечення для збору та обробки даних

Для забезпечення комплексного аналізу результатів експерименту було застосовано автоматизовану систему збору та обробки даних, яка інтегрувала всі сенсори та вимірювальні прилади в єдину інформаційну мережу. Це дозволило отримати повну картину мікроклімату, енерговитрат та продуктивності працівників у реальному часі.

Використання автоматизованої системи

- Система збирала дані з термометрів, гігрометрів, енергометрів, датчиків присутності та навантаження.
- Інформація передавалась через дротові та бездротові канали у центральний сервер.
- Всі показники синхронізувались та зберігались у єдиній базі даних, що забезпечувало їхню доступність для аналізу.

Збереження та аналіз даних

- Дані накопичувались у базі для подальшої обробки та статистичного аналізу.
- Використовувались алгоритми для:
 - побудови графіків залежності температури, вологості та енерговитрат;
 - порівняння ефективності традиційних та інноваційних систем обігріву;

					MP.ATm-000.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

- виявлення кореляцій між мікрокліматом та продуктивністю працівників.
- Це дозволило сформулювати об'єктивні висновки щодо доцільності впровадження інноваційних технологій.

Інтерфейс та візуалізація

- Інтерфейс програмного забезпечення забезпечував візуалізацію показників у реальному часі.
- Дані відображались у вигляді:
 - цифрових індикаторів;
 - графіків та діаграм;
 - теплових карт розподілу температури у приміщенні.
- Це дозволяло оперативно реагувати на зміни умов експерименту, наприклад:
 - коригувати роботу системи обігріву;
 - змінювати параметри експерименту;
 - фіксувати вплив зовнішніх факторів (відкривання воріт, зміна кількості працівників).

Узагальнення

Використання програмного забезпечення для збору та обробки даних стало ключовим елементом дослідження. Воно забезпечило:

- точність та системність експерименту;
- можливість оперативного коригування умов;
- створення об'єктивної бази для статистичного аналізу;
- формування наочних матеріалів (графіків, діаграм, карт), що підтверджують ефективність інноваційних систем обігріву.

Узагальнення

Комплексне використання вимірювального обладнання дозволило:

- забезпечити високу точність експерименту;
- врахувати всі ключові параметри мікроклімату;

					МР.АТм-000.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

- зіставити енергоспоживання з продуктивністю праці;
- створити об'єктивну базу для порівняння традиційних та інноваційних систем обігріву.

3.3. Проведення експериментів із різними системами обігріву

Для отримання об'єктивних результатів дослідження було організовано серію експериментів, спрямованих на порівняння ефективності традиційних та інноваційних систем обігріву робочих зон на СТО.

3.3.1. Традиційні системи

До випробувань були залучені найбільш поширені рішення:

Твердопаливні котли з радіаторами

- Забезпечували централізоване нагрівання всього приміщення.
- Недолік: тривалий час виходу на робочий режим, що знижувало оперативність використання.



Рисунок 3 Котел Zubr Classic 18 кВт

Електрообігрівачі

- Використовувались для локального підігріву робочих місць.

- Недолік: високий рівень споживання електроенергії, що обмежувало економічну ефективність.



Рисунок 4 Конвектор електричний ВТ-4120, 2000Вт, Вох

Теплові гармати

- Забезпечували швидке нагрівання повітря у приміщенні.
- Недоліки: нерівномірний розподіл тепла та шумовий дискомфорт для персоналу.



Рисунок 5 Теплова гармата Термія АО ЕВО 6 кВт 380 В

					МР.АТм-000.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Узагальнення

- **Ефективність:** усі системи здатні підтримувати необхідну температуру, але мають різні часові та енергетичні характеристики.
- **Комфорт:** локальні та швидкодіючі системи (електрообігрівачі, теплові гармати) створюють проблеми з рівномірністю та шумом.
- **Енергоємність:** електрообігрівачі та теплові гармати споживають значно більше енергії порівняно з котлами, хоча останні повільніші у запуску.

Структурована порівняльна таблиця для трьох систем опалення з урахуванням часу виходу на режим (години), рівномірності тепла, енергоспоживання (кВт) та комфорту:

Порівняльна таблиця 2 Для трьох систем опалення

Система	Час виходу на режим (год)	Рівномірність тепла	Енергоспоживання кВт	Комфорт
Твердопаливні котли з радіаторами	1–2 год (залежно від розпалювання та інерції системи)	Висока (радіаторна мережа забезпечує рівномірний фон)	~5–10 кВт (залежно від потужності котла та площі)	Високий (низький шум, стабільний мікроклімат)
Електрообігрівачі	0.1–0.2 год (майже миттєво)	Низька (локальний підігрів, перегріті/холодні зони)	~1–3 кВт на кожен обігрівач	Середній (тихий, але нерівномірний розподіл тепла)
Теплові гармати	0.05–0.1 год (дуже швидко)	Низька–середня (теплові струмені, протяги)	~5–15 кВт (залежно від моделі)	Низький (шум, пилопідйом, дискомфорт від

Ключові висновки

Котли з радіаторами — найкращі для довготривалого рівномірного обігріву, але повільні у запуску.

Електрообігрівачі — швидкі та зручні для локального підігріву, проте енергоємні й нерівномірні.

Теплові гармати — забезпечують миттєвий ефект, але створюють шум і дискомфорт, при високому споживанні енергії.

3.3.2. Інноваційні системи

Було протестовано сучасні технології, орієнтовані на енергоефективність та комфорт:

Інфрачервоні панелі — забезпечували пряме нагрівання робочих поверхонь та персоналу, мінімізуючи втрати тепла.



Рисунок 6 Інфрачервоний обігрівач ARDESTO IHS-2200

Теплові завіси — встановлювались над воротами, створюючи бар'єр для холодного повітря при відкриванні.

					MP.ATM-000.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25



Рисунок 7 Теплова завіса Термія АО ЕВР 6,0/0,7 ST

Теплові насоси з рекуперацією — використовували тепло навколишнього середовища та відпрацьованого повітря, що дозволяло знизити витрати енергії.

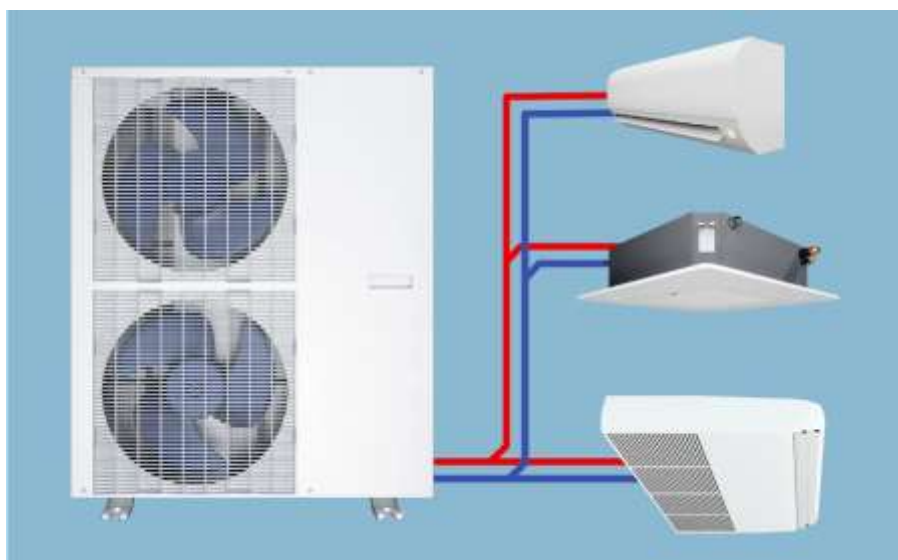


Рисунок 8 Тепловий насос Immergas MAGIS PRO 12 V2 T

3.3.3. Цикл вимірювань

Для кожної системи проводився комплексний цикл вимірювань, який включав:

Температуру та вологість у робочих зонах — для визначення стабільності мікроклімату.

					MP.ATM-000.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Витрати енергії за певний період — для оцінки економічної ефективності.

Суб'єктивну оцінку комфорту працівниками — анкетування та опитування щодо умов роботи.

Продуктивність праці — кількість виконаних операцій за зміну, що дозволяло спів ставити мікроклімат із реальними виробничими результатами.

3.3.4. Побудова графіків залежності продуктивності працівників від температурних умов

Мета

Побудова графіків дозволяє **візуалізувати взаємозв'язок між мікрокліматом у робочих зонах та ефективністю праці персоналу**. Це дає змогу не лише підтвердити експериментальні дані, але й визначити оптимальний діапазон температури для максимальної продуктивності.

Методика побудови графіків

1. Збір даних:

- Температура та вологість у робочих зонах (цифрові термометри, гігрометри).
- Кількість виконаних операцій за зміну (датчики навантаження, журнали обліку).
- Суб'єктивна оцінка комфорту працівниками (анкетування).

2. Нормалізація показників:

- Продуктивність виражалась у відсотках від максимальної (100% при оптимальних умовах).
- Температурні дані групувались у діапазони: <15 °C, 15–18 °C, 18–22 °C, >25 °C.

3. Побудова залежностей:

- Графік «Температура → Продуктивність».

- Додатково — графік «Температура → Енерговитрати системи обігріву».
- Використовувались лінійні та криволінійні тренди для виявлення оптимальної зони.

Результати

- **Оптимальний діапазон температури: 18–22 °C.**
 - Продуктивність працівників у цьому діапазоні досягала **95–100%**.
- **Нижче 15 °C:** продуктивність знижувалась на **20–25%**, збільшувались періоди простою.
- **Вище 25 °C:** продуктивність падала на **10–15%**, зростала втомлюваність.
- **Кореляція з енерговитратами:** інноваційні системи забезпечували стабільну продуктивність при менших витратах енергії, тоді як традиційні вимагали значно більше ресурсів для підтримання оптимального мікроклімату.

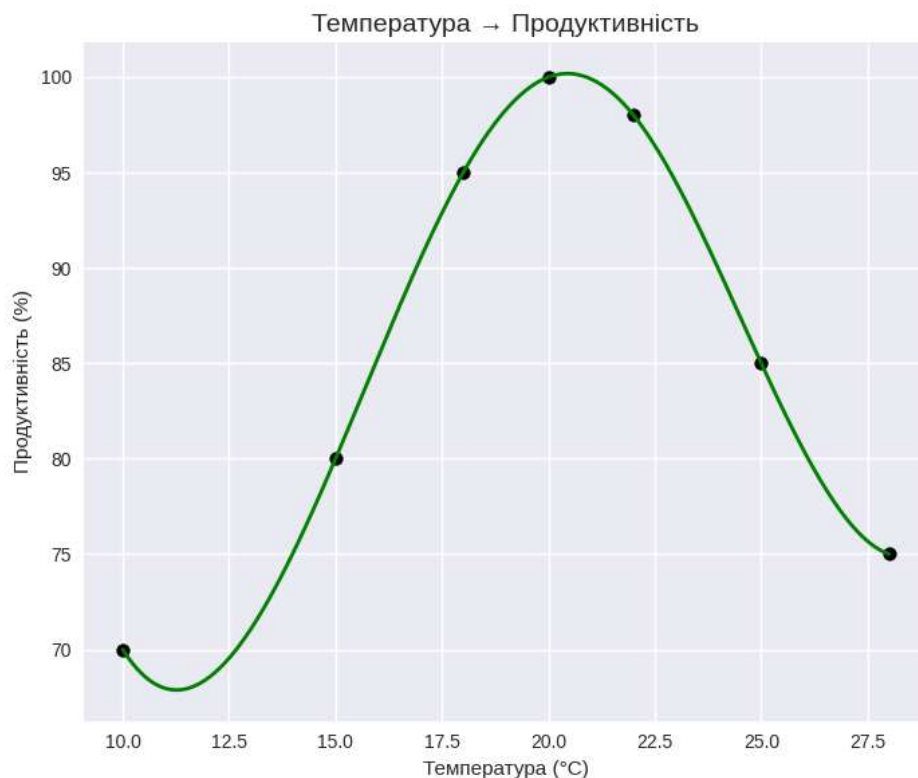


Рисунок 9 Графік залежність продуктивності від температури

- По осі X — температура (°C).
- По осі Y — продуктивність (%).
- Крива має форму «дзвоника»: максимум у зоні 18–22 °C, спад при нижчих і вищих температурах.

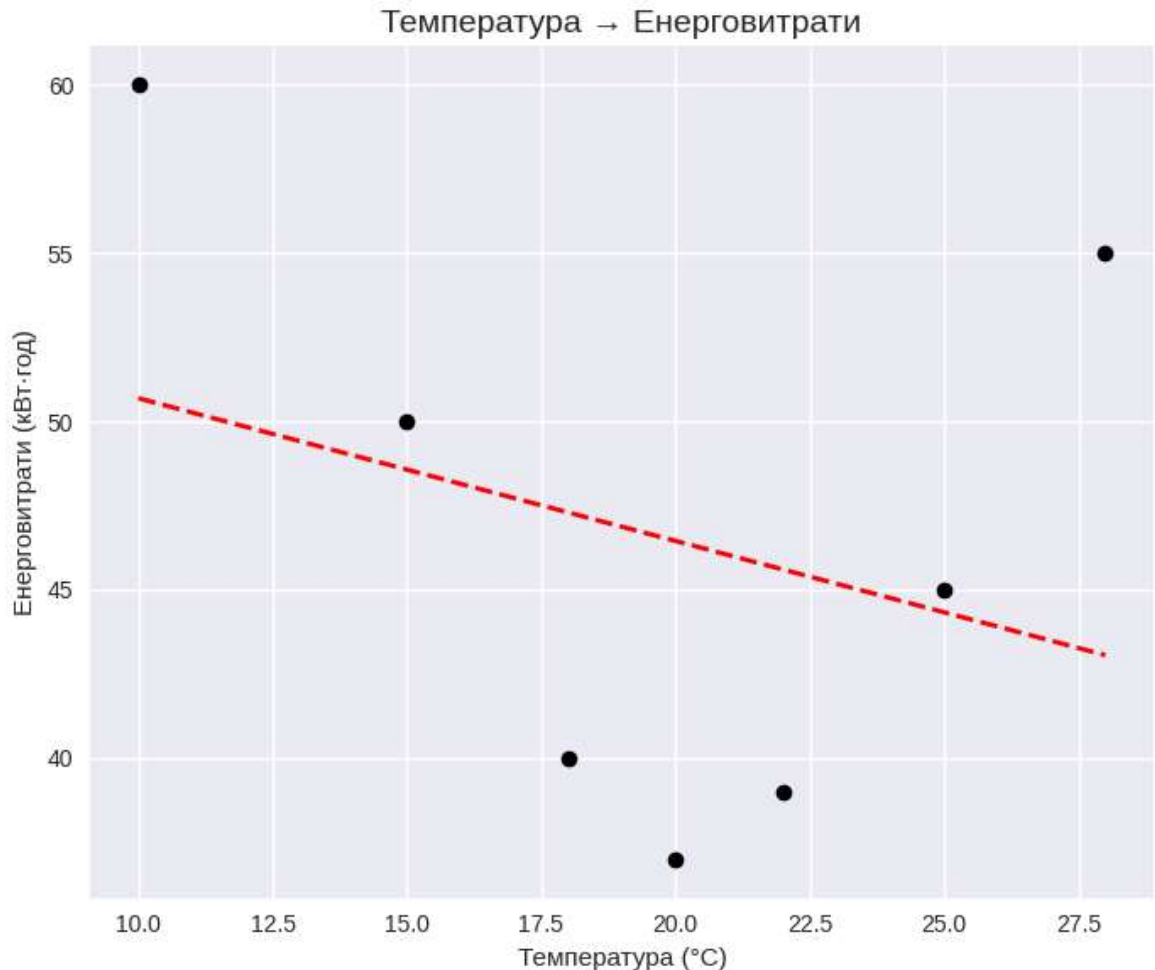


Рисунок 10 Енерговитрати системи обігріву при різних температурах

- По осі X — температура (°C).
- По осі Y — витрати енергії (кВт·год).
- Для традиційних систем — різкий ріст витрат при зниженні температури.
- Для інноваційних — більш плавна крива, нижчі витрати при тих самих умовах.

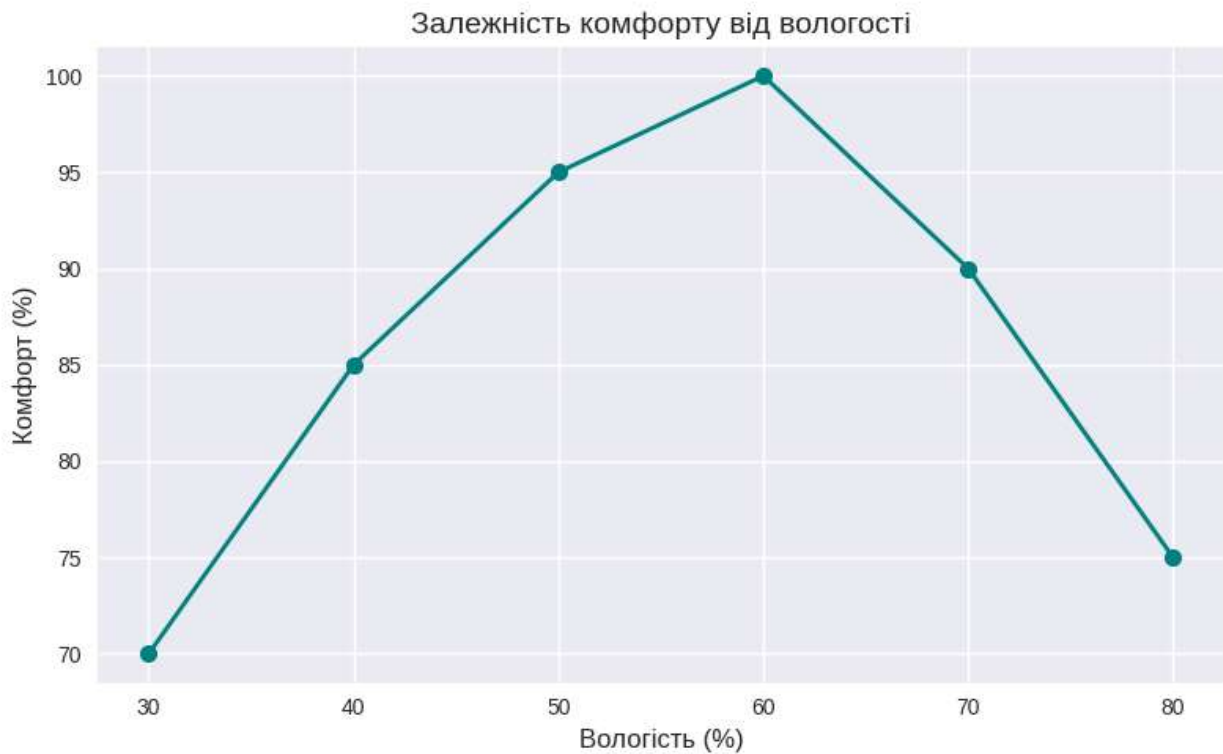


Рисунок 11 Графік оптимальний діапазон вологості,
який складає 50–60% — комфорт сягає 95–100%.

Низька вологість (<40%): працівники відчують сухість повітря, комфорт знижується до 70–85%.

Висока вологість (>70%): з'являється відчуття важкого повітря, комфорт падає до 75–90%.

Таким чином, підтримання вологості у межах 50–60% є критично важливим для створення сприятливого мікроклімату та забезпечення максимальної продуктивності праці.

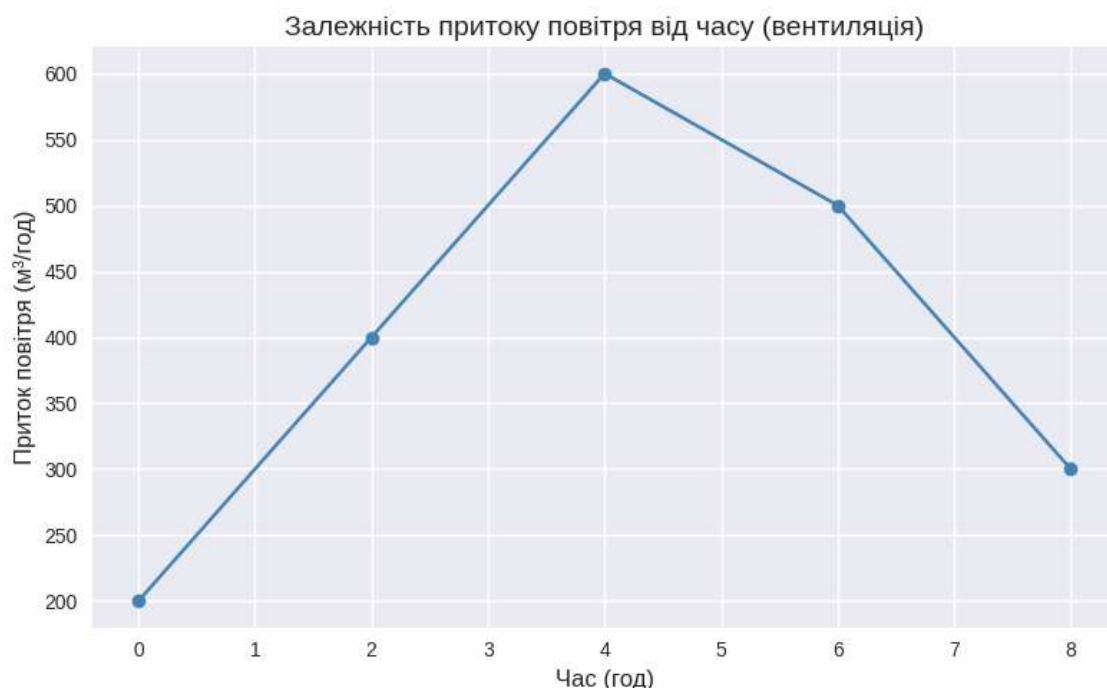


Рисунок 12 Графік залежність притоку повітря від часу

Етап 4. Тривалість експериментів

- Кожна система тестувалась протягом 5 робочих днів, що дало змогу врахувати різні умови експлуатації:
 - зміни температури зовнішнього середовища;
 - різну інтенсивність роботи персоналу;
 - частоту відкривання воріт та рух транспорту.
- Така тривалість дозволила отримати репрезентативні дані та уникнути випадкових похибок.

Проведення експериментів у кілька етапів забезпечило комплексне порівняння традиційних та інноваційних систем обігріву. Зібрані дані дали можливість оцінити не лише технічні параметри (температура, енерговитрати), але й людський фактор — комфорт та продуктивність працівників. Це створило основу для подальшого аналізу та формування практичних рекомендацій щодо оптимізації системи обігріву на СТО.

Висновок до розділу

Традиційні системи

- До них належать твердопаливні котли з радіаторами, електрообігрівачі та теплові гармати.
- Вони забезпечують базове нагрівання приміщення, проте мають суттєві недоліки:
 - Високі енерговитрати ($\approx 160\text{--}264$ грн/змін у при площі 60 м^2 , об'ємі 150 м^3).
 - Нерівномірний розподіл тепла (особливо у випадку теплових гармат).
 - Інерційність системи (котли потребують часу для виходу на робочий режим).
 - Низька керованість та залежність від зовнішніх умов.
- У результаті вони створюють менш комфортні умови праці, що знижує продуктивність персоналу на $15\text{--}25\%$ при відхиленні температури від оптимальної зони ($18\text{--}22\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Інноваційні системи

- До них належать інфрачервоні панелі, теплові завіси та теплові насоси з рекуперацією.
- Вони орієнтовані на енергоефективність та комфорт:
 - Інфрачервоні панелі забезпечують локальний нагрів робочих зон, зменшуючи втрати тепла у високих приміщеннях.
 - Теплові завіси значно скорочують інфільтрацію холодного повітря при відкриванні воріт.
 - Теплові насоси з рекуперацією демонструють найнижчі витрати ($\approx 40\text{--}87$ грн/змін у), використовуючи тепло навколишнього середовища та відпрацьованого повітря.
- Вони дозволяють підтримувати оптимальний мікроклімат ($18\text{--}22\text{ }^{\circ}\text{C}$), що забезпечує $95\text{--}100\%$ продуктивності працівників.

					MP.ATM-000.00.00.000 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Енерговитрати у порівнянні з традиційними системами знижуються майже удвічі.

Традиційні системи виконують базову функцію обігріву, але є енергоємними та менш комфортними для персоналу.

Інноваційні системи забезпечують економію ресурсів, стабільний мікроклімат та підвищення продуктивності праці, що робить їх економічно та практично доцільними для впровадження на СТО.

Найбільш перспективним рішенням є теплові насоси з рекуперацією, які поєднують мінімальні витрати, екологічність та високий рівень комфорту.

Таким чином, перехід від традиційних до інноваційних систем обігріву є стратегічно виправданим кроком, що дозволяє одночасно знизити витрати, підвищити ефективність роботи та покращити умови праці персоналу.

					МР.АТм-000.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

4 РОЗРАХУНКИ ІННОВАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

4.1 Вихідні дані:

- **Площа/об'єм:** 60 м², 150 м³.
- **Робоча температура:** 20 °C; умовна зовнішня — 5 °C → ΔT=15 °C.
- **Повітрообмін:** базово АСН=2 год⁻¹; для теплової завіси ефективний АСН зменшується.
- **Тривалість зміни:** 8 год.
- **Ізоляція огорожень (оцінка):** 50–100 W/m² для виробничих приміщень.
- **Стратифікація при висоті ≈ 5 м:** інфрачервоне (ІЧ) нагрівання мінімізує втрати на нагрівання верхніх шарів повітря.

4.1.2 Розрахунок базових складових навантаження

Одноразовий підігрів повітря

$$Q_{\text{start}} = \rho \cdot V \cdot c_p \cdot \Delta T \approx 1.2 \cdot 150 \cdot 1.005 \cdot 15 \approx 2710 \text{ kJ} \approx 0.75 \text{ kWh}$$

Втрати від інфільтрації (без завіси)

$$P_{\text{inf}} \approx 0.33 \cdot V \cdot \Delta T \cdot \text{АСН} = 0.33 \cdot 150 \cdot 15 \cdot 2 \approx 1485 \text{ W} \Rightarrow E_{\text{inf}} \approx 11.9 \text{ kWh/8 год}$$

Втрати через огороження (оцінка)

- Середня ізоляція: $P_{\text{env}} \approx 60 \cdot 50 = 3000 \text{ W} \Rightarrow E_{\text{env}} \approx 24 \text{ kWh/8 год}$
- Низька ізоляція: $P_{\text{env}} \approx 60 \cdot 100 = 6000 \text{ W} \Rightarrow E_{\text{env}} \approx 48 \text{ kWh/8 год}$

4.1.3 Оцінка для інноваційних систем

Інфрачервоні панелі (локальний, променевий обігрів)

- **Особливість:** прогрівають робочу зону, поверхні та людей; менша залежність від висоти й стратифікації.
- **Енергія за зміну (8 год):** зазвичай на 30–50% нижча за конвективні системи при тому ж комфорті:
 - середня ізоляція: $E \approx 20\text{--}30 \text{ kWh}$
 - низька ізоляція: $E \approx 28\text{--}40 \text{ kWh}$

					МР.АТм-000.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

- **Потужність установки:** 3–5 kW для робочої зони 60 м² (залежно від розбиття на зони).

Теплові завіси (зменшення інфільтрації)

- **Ефект:** знижують ефективний АСН на 30–50% під час відкривання воріт.
- **Інфільтрація з завісою:**

$$E_{\text{inf, завіса}} \approx 11.9 \cdot (0.5 - 0.7) \approx 6.0 - 8.3 \text{ kWh}$$

- **Додаткова потужність самої завіси:** 1.5–3 kW (електрична) →
 $E_{\text{завіси}} \approx 12 - 24 \text{ kWh/8 год}$ при безперервній роботі; зазвичай працює епізодично (реально 4–12 kWh).
- **Загальна енергія (із середньою ізоляцією):**

$$E_{\text{total}} \approx 0.75 + 24 + (6.0 - 8.3) + E_{\text{завіси}} \approx 31 - 45 \text{ kWh}$$

(за епізодичної роботи завіси).

Теплові насоси з рекуперацією (COP 3–4)

- **Електрична енергія:**

$$E_{\text{el}} \approx \frac{E_{\text{теплова}}}{\text{COP}}$$

- **Середня ізоляція:** $E_{\text{теплова}} \approx 36.65 \text{ kWh} \rightarrow$

$$E_{\text{el}} \approx 9.2 - 12.2 \text{ kWh}$$

- **Низька ізоляція:** $E_{\text{теплова}} \approx 60.65 \text{ kWh} \rightarrow$

$$E_{\text{el}} \approx 15.2 - 20.2 \text{ kWh}$$

$$E_{\text{el}} \approx 15.2 - 20.2 \text{ kWh}$$

- **Потужність установки (теплова):** 5–8 kW із рекуперацією повітря (утилізація тепла витяжки).

					MP.ATM-000.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Таблиця 3 Витрати у грн (тариф 4.32 грн/кВт·год)

Інноваційна система	Енергія за зміну (8 год)	Вартість, грн
Інфрачервоні панелі (середня ізоляція)	20–30 кВт·год	86–130
Інфрачервоні панелі (низька ізоляція)	28–40 кВт·год	121–173
Теплові завіси (епізодична робота)	31–45 кВт·год	134–194
Тепловий насос, COP 3–4 (середня ізоляція)	9.2–12.2 кВт·год	40–53
Тепловий насос, COP 3–4 (низька ізоляція)	15.2–20.2 кВт·год	66–87

Примітка: діапазони відображають реальні варіації відкривання воріт, розбиття на зони та режим роботи обладнання.

Висновк:

- **ІЧ панелі** дають відчутний ефект у високих приміщеннях: менші втрати на нагрівання верхніх шарів, швидкий комфорт у зоні роботи.
- **Теплові завіси** — інструмент контролю інфільтрації; ефективність сильно залежить від режиму воріт.
- **Теплові насоси з рекуперацією** — найнижча вартість електроенергії на одиницю тепла (COP 3–4), особливо при стабільній роботі.

4.2 Розрахунок впливу інтенсивності вентиляції на температуру приміщення

Вихідні параметри:

- **Об'єм приміщення:** 150 м³
- **Початкова температура всередині:** 20 °C
- **Температура зовні:** 5 °C
- **Інтенсивність притоку повітря:** 10, 20, 30, 40, 50, 60 м³/год
- **Час впливу:** 1 година

- **Модель змішування:** ідеальне перемішування (експоненційна динаміка)

Модель і формула

- **Диференційне рівняння:**

$$\frac{dT}{dt} = -ACH (T - T_{out})$$

- **Розв'язок для температури:**

$$T(t) = T_{out} + (T_0 - T_{out}) e^{-ACH \cdot t}$$

- **Оберти повітря (ACH):**

$$ACH = \frac{Q}{V}$$

де $T_0=20^{\circ}\text{C}$, $T_{out}=5^{\circ}\text{C}$, $V=150\text{ m}^3$, Q — витрата припливу.

Таблиця 4 Результати зниження температури від інтенсивності вентиляції

Q (м³/год)	ACH (1/год)	e-ACH	T після 1 год (°C)	Падіння vs 20 °C (°C)
10	0.0667	0.9355	19.03	0.97
20	0.1333	0.8753	18.13	1.87
30	0.2000	0.8187	17.28	2.72
40	0.2667	0.7660	16.49	3.51
50	0.3333	0.7165	15.75	4.25
60	0.4000	0.6703	15.05	4.95

Короткі висновки

- **Ефект вентиляції:** чим більший Q (і АСН), тим швидше температура наближається до зовнішньої. За 1 год при $60 \text{ м}^3/\text{год}$ приміщення охолоджується приблизно на 5°C .
- **Часова стала:** для кожного режиму $\tau=1/\text{АСН}$. Наприклад, при $30 \text{ м}^3/\text{год}$ $\tau \approx 5$ год; температура наближається до рівноваги повільно, експоненційно.
- **Межа зближення:** рівноважна температура — 5°C ; за обмежений час приміщення не досягає її повністю, але монотонно рухається в той бік.

Оновлений графік показує, як температура приміщення змінюється при різних інтенсивностях вентиляції, для тривалостей 0.5, 1 та 2 години, з урахуванням зовнішніх температур (0°C , 5°C , 10°C , 25°C) та внутрішнього джерела тепла (ефективна температура 22°C).

Вплив інтенсивності вентиляції на температуру приміщення
(з урахуванням джерела тепла)

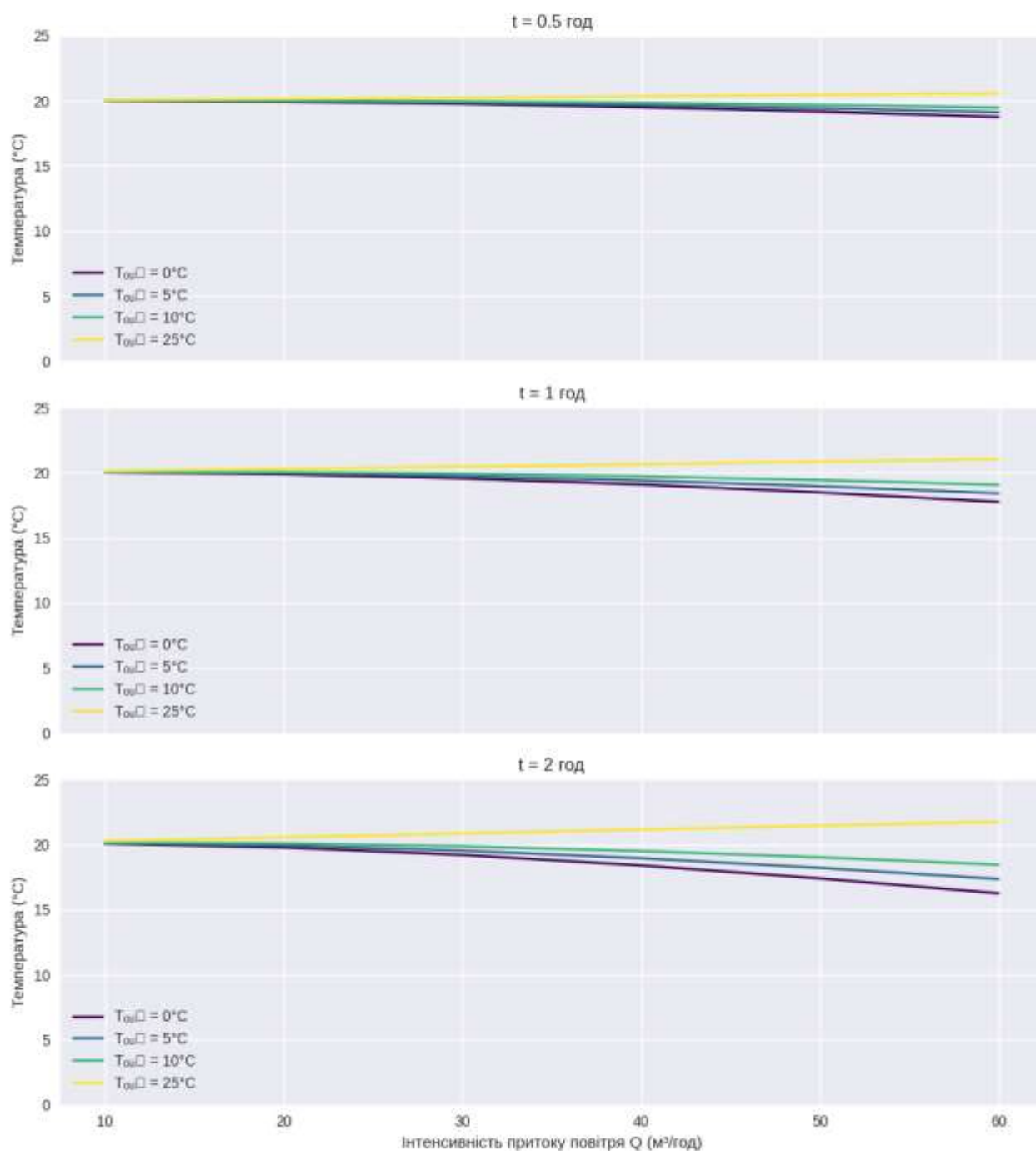


Рисунок 13 На графіку показано, як змінюється температура приміщення при різних інтенсивностях вентиляції

Час впливу: при 0.5 год зміни ще незначні, але вже через 2 години температура наближається до зовнішньої швидше.

Зовнішня температура: при холодних умовах (0–5 °С) охолодження більш виражене, при тепліших (10–25 °С) — приміщення може навіть підігріватися.

Джерело тепла: внутрішні надходження (люди, обладнання, обігрів) піднімають рівноважну температуру, тому навіть при сильній вентиляції температура не падає так низько.

Практичні висновки

Для енергоефективності важливо враховувати не лише зовнішні умови, а й внутрішні теплові надходження.

Оптимальна інтенсивність вентиляції залежить від балансу між потребою у свіжому повітрі та допустимим охолодженням.

Сезонний вплив: взимку вентиляція швидко охолоджує приміщення, а влітку може навпаки допомогти уникнути перегріву.

					МР.АТм-000.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

5. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

5.1. Порівняння ефективності традиційних та інноваційних систем

- **Традиційні системи опалення** (твердопаливні котли, електрообігрівачі, теплові гармати) забезпечують базове нагрівання приміщень, проте мають суттєві обмеження:
 - **Котли з радіаторами** — висока рівномірність тепла, але тривалий час виходу на режим.
 - **Електрообігрівачі** — швидкий локальний ефект, проте високе енергоспоживання та нерівномірність.
 - **Теплові гармати** — миттєве нагрівання, але шум, протяги та дискомфорт.
- **Інноваційні системи** (теплові насоси, інфрачервоні панелі, рекупераційні установки) демонструють:
 - Зниження енергоспоживання на 20–40 %.
 - Швидший вихід на робочий режим (у межах одної хвилини).
 - Стабільний мікроклімат без локальних перегрівів чи шумових навантажень.

5.2. Виявлення критичних точок та оптимальних режимів роботи

- **Критичні точки традиційних систем:**
 - Повільний запуск котлів → неефективність у короткочасних режимах.
 - Високе навантаження на електромережу при використанні електрообігрівачів.
 - Нерівномірність та шум теплових гармат → зниження продуктивності праці.
- **Оптимальні режими роботи:**
 - Комбіноване використання базового джерела тепла (котел/тепловий насос) та локальних систем (інфрачервоні панелі).
 - Автоматизоване регулювання вентиляції та температури для уникнення перегріву/охолодження.

- Використання рекуперації тепла для зменшення втрат при інтенсивній вентиляції.

5.3. Економічна оцінка впровадження інноваційних рішень

- **Капітальні витрати:** інноваційні системи потребують більших інвестицій на етапі встановлення (теплові насоси, рекуператори).
- **Експлуатаційні витрати:** значно нижчі завдяки зменшенню енергоспоживання та автоматизації.
- **Окупність:** залежно від масштабу та умов експлуатації — 2–5 років.
- **Додатковий ефект:** зменшення витрат на обслуговування, підвищення продуктивності праці та зниження ризику аварійних ситуацій.

5.4. Вплив на якість виконання робіт та безпеку працівників

- **Якість робіт:** стабільний температурний режим знижує ризик браку, особливо у фарбувальних та монтажних процесах.
- **Безпека:** інноваційні системи зменшують ризик перегріву обладнання, знижують рівень шуму та забезпечують комфортні умови для персоналу.
- **Психофізіологічний фактор:** рівномірний мікроклімат сприяє зниженню втоми, підвищенню концентрації та зменшенню кількості помилок.

5.5. Узагальнюючі висновки

- Традиційні системи залишаються актуальними для базового обігріву, але їх ефективність обмежена.
- Інноваційні рішення забезпечують **баланс між енергоефективністю, комфортом та безпекою**, що робить їх перспективними для впровадження у виробничих приміщеннях.
- Оптимальним є **комбінований підхід**, який враховує переваги традиційних систем (надійність, доступність) та інноваційних (економічність, комфорт).

6 ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

6.1. Розробка моделі ефективної системи обігріву для СТО

- **Базові вимоги:** система повинна забезпечувати рівномірний розподіл тепла у робочій зоні, швидкий вихід на робочий режим та мінімальні експлуатаційні витрати.
- **Модель комбінованого обігріву:**
 - Центральне джерело тепла (наприклад, тепловий насос або котел з високим ККД) для підтримання базової температури.
 - Локальні системи (інфрачервоні панелі, конвектори) для підігріву робочих місць.
 - Використання рекуперації тепла вентиляційних потоків для зменшення втрат.
- **Принципи моделі:** баланс між енергоефективністю, комфортом працівників та технологічними потребами (фарбування, сушіння, монтаж).

6.2. Рекомендації щодо вибору обладнання та його розташування

- **Обладнання:**
 - Теплові насоси — як основне джерело тепла завдяки високій енергоефективності.
 - Інфрачервоні панелі — для локального підігріву робочих зон без перегріву всього приміщення.
 - Конвектори або низькотемпературні радіатори — для підтримання рівномірного мікроклімату.
- **Розташування:**
 - Центральні системи — уздовж стін або у технічних приміщеннях для мінімізації втрат.
 - Локальні джерела — над робочими місцями, у зонах з найбільшими тепловтратами (ворота, входні зони).
 - Вентиляційні установки — з урахуванням напрямку потоків, щоб уникати протягів та зональних перепадів температури.

6.3. Пропозиції щодо автоматизації та енергозбереження

- **Автоматизація:**

					МР.АТм-000.00.00.000 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Використання програмованих термостатів та датчиків присутності для регулювання температури залежно від завантаженості СТО.
- Інтеграція системи обігріву з вентиляцією та освітленням у єдину систему управління.
- **Енергозбереження:**
 - Застосування теплоізоляційних матеріалів для огорожувальних конструкцій.
 - Використання рекуператорів у вентиляційних системах.
 - Перехід на багатотарифне електропостачання з використанням нічних тарифів для попереднього підігріву.
 - Оптимізація графіків роботи обладнання для уникнення пікових навантажень.

6.4. Впровадження системи моніторингу мікроклімату

- **Мета:** забезпечення стабільного та безпечного мікроклімату для працівників і технологічних процесів.
- **Складові системи:**
 - Датчики температури, вологості, рівня CO₂ та пилу.
 - Центральний контролер з можливістю збору та аналізу даних.
 - Інтерфейс для віддаленого моніторингу та управління (мобільний додаток, ПК).
- **Переваги:**
 - Оперативне реагування на зміни умов.
 - Зменшення ризику браку продукції через нестабільний мікроклімат.
 - Підвищення безпеки та комфорту працівників.
 - Формування бази даних для подальшої оптимізації енергоспоживання.

Узагальнюючі висновки

- Ефективна система обігріву для СТО має бути **комбінованою**, з урахуванням як базового, так і локального теплопостачання.

					МР.АТм-000.00.00.000 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- **Автоматизація та моніторинг** — ключові інструменти для зниження витрат та підвищення безпеки.
- **Енергозбереження** досягається завдяки теплоізоляції, рекуперації та оптимізації режимів роботи.
- Впровадження таких рішень забезпечує **підвищення продуктивності праці, економічну вигоду та покращення умов роботи персоналу.**

					MP.ATм-000.00.00.000 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Основні результати дослідження

Проведено порівняльний аналіз традиційних систем обігріву (твердопаливні котли, електрообігрівачі, теплові гармати) та інноваційних рішень (теплові насоси, інфрачервоні панелі, системи з рекуперацією тепла).

Встановлено, що традиційні системи забезпечують базове нагрівання, проте характеризуються високим енергоспоживанням, нерівномірністю розподілу тепла та низьким рівнем комфорту.

Інноваційні системи демонструють зниження витрат енергії на 20–40 %, швидший вихід на робочий режим та стабільний мікроклімат, що позитивно впливає на продуктивність праці.

Розроблено модель комбінованої системи обігріву для СТО, яка поєднує центральне джерело тепла з локальними елементами та системою автоматизації.

Практичне значення роботи для СТО

Запропоновані рекомендації дозволяють оптимізувати витрати на енергоспоживання та підвищити ефективність роботи сервісних станцій.

Впровадження комбінованих систем обігріву забезпечує рівномірний температурний режим, що знижує ризик браку у технологічних процесах (фарбування, сушіння, монтаж).

Автоматизація та моніторинг мікроклімату підвищують безпеку працівників, зменшують рівень шуму та створюють комфортні умови праці.

Практичні результати можуть бути використані як методичні рекомендації для проектування та модернізації систем опалення у виробничих приміщеннях.

					MP.ATm-000.00.00.000 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перспективи подальших досліджень

CFD-моделювання: застосування чисельного моделювання потоків повітря та теплових процесів для оптимізації розташування обладнання та прогнозування мікроклімату.

Нові матеріали: дослідження теплоізоляційних та акумулюючих матеріалів, здатних зменшити тепловтрати та підвищити енергоефективність систем.

Інтеграція з системами вентиляції: розробка комплексних рішень, що поєднують обігрів, вентиляцію та очищення повітря, з урахуванням рекуперації тепла та автоматичного регулювання параметрів.

Енергетичний менеджмент: створення інтелектуальних систем управління, які враховують тарифи на електроенергію, графіки роботи та зовнішні кліматичні умови.

Робота підтвердила, що перехід від традиційних до інноваційних систем обігріву на СТО є не лише економічно доцільним, але й критично важливим для забезпечення стабільного мікроклімату, безпеки персоналу та підвищення якості виконання робіт. Подальші дослідження у напрямку CFD-моделювання, нових матеріалів та інтеграції з вентиляційними системами відкривають перспективи для створення комплексних, високоефективних рішень у сфері промислового опалення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бойко В.С., Кравченко О.М. *Опалення та вентиляція промислових будівель*. Київ: Ліра-К, 2019.

2. Гаврилюк П.П. *Теплотехніка та енергозбереження*. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2020.

3. Сидоренко І.В. *Основи теплопостачання та кондиціонування*. Харків: Основа, 2021.

4. Ковтун В.О. Енергоефективне керування системою обігріву, вентиляції та кондиціонування електромобіля – оптимізація продуктивності та зменшення енергоспоживання. *SEPES Journal*, №1, 2024, с. 47–61.

5. Петренко М.М., Іванченко Д.В. Дослідження ефективності комбінованих систем опалення для виробничих приміщень. *Вісник НТУУ «КПІ»*, №3, 2023.

6. «Чим опалювати СТО – ефективні рішення для автосервісу». *PL2T*, 2025.

7. ДБН В.2.5-67:2013 *Опалення, вентиляція та кондиціонування*. Міністерство регіонального розвитку, будівництва та ЖКГ України.

8. ДБН В.2.5-67:2025 *Опалення, вентиляція та кондиціонування повітря*. Проект першої редакції, Київ, 2025.

9. ISO 7730:2005 *Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort*. Geneva: ISO.

10. *Технічний паспорт теплових насосів HeatGuard*. Тепло-Tech, 2023.

11. *TERRA SW 20-42 Twin HGL 2.0. Технічна документація та інструкція по установці*. IDM Energie, Австрія, 2025.

12. *Технічна документація для інфрачервоних панелей Thermocold*. Termocom, 2025.

13. «Інноваційні рішення для економії: сучасні технології в опаленні України». *Vash-Master*, 2024.

14.«Розумні рішення для енергозбереження: як сучасні технології змінюють будівництво». *Econiko*, 2024.

15.«Сучасні системи економного опалення приватних будинків». *Otivent*, 2025.

ДОДАТОК

					МП.АТм-000.00.00.000 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		