

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Інститут (факультет) _____ **ННІТІ ім. І. С. Гулого**
Кафедра _____ **теплоенергетики та холодильної техніки**

«До захисту в ЕК»
Директор інституту(декан факультету)

_____ Сергій БЛАЖЕНКО _____
(підпис) (ім'я та прізвище)

« ___ » _____ 20__ р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри

_____ Валентин ПЕТРЕНКО _____
(підпис) (ім'я та прізвище)

« ___ » _____ 20__ р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТАР**

зі спеціальності _____ 142 «Енергетичне машинобудування» _____
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми Холодильні техніка та технологія

на тему: Розробка та оптимізація системи кондиціонування повітря для
виробничого приміщення механічної обробки металів

Виконав: здобувач 2 курсу, групи ХМ-2-7М

Литовченко Андрій Юрійович _____
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник доц. Пилипенко Олексій Юрійович _____
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

Рецензент _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ (підпис та прізвище здобувача)

Київ - 2025р

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім.акад.
І.С.Гулого

Кафедра теплоенергетики та холодильної техніки

Освітній ступінь магістр

Спеціальність 142 Енергетичне машинобудування

(код і назва)

Освітньо-професійна програма Холодильні техніка та технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТЕХТ

проф. Валентин Петренко

“ 17 ” вересня 2025 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Литовченко Андрій Юрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розробка та оптимізація системи кондиціонування повітря для виробничого приміщення механічної обробки металів

керівник роботи: Пилипенко Олексій Юрійович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від 17.09.2025 року № 712-кв

2. Строк подання здобувачем роботи: 02.12.2025

3. Вихідні дані до роботи: холодильний агент – R32, R407; розмір будівлі в осях 70 x 48 м., висота до найвищої точки – 15 м., електрична потужність 600 кВт, кількість персоналу 55 чол., тривалість зміни – 8 годин, кількість змін – 1, розташування м. Київ.

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

1. Розрахунок продуктивності; 2. Розрахунок та підбір системи кондиціонування; 3. Підбір системи вентиляції; 4. Охорона праці; Література

5. Перелік графічного матеріалу:

Принципова схема холодопостачання, план цеху.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 17.09.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання на кваліфікаційну роботу	17.09.2025-19.09.2025	
2	Виконання розділів кваліфікаційної роботи	20.09.2025-17.11.2025	
3	Оформлення ПЗ, консультація з розділів	18.11.2025-02.12.2025	
4			
5			
6			
7			

Здобувач _____
(підпис)

Керівник роботи _____
(підпис)

Литовченко А.Ю.
(прізвище та ініціали)

Пилипенко О.Ю.
(прізвище та ініціали)

Анотація

У цьому магістерському проекті виконано розробку та оптимізацію високоефективної системи кондиціонування повітря для виробничого приміщення механічної обробки металів, розташованого в м. Київ.

Виконано підбір основного холодильного обладнання, яке працює на низькопотенційних холодоагентах R32 та R407. Ключовою частиною роботи є оптимізація системи, яка включає впровадження заходів з енергоефективності. Розроблена система автоматизації забезпечує точне регулювання параметрів, мінімізуючи експлуатаційні витрати.

Проект містить повний техніко-економічний розрахунок, графічну частину з принциповими схемами, а також розділ «Охорона праці та безпека життєдіяльності».

Ключові слова: Система кондиціонування повітря, цех механічної обробки, R32, R407, теплонадходження, енергоефективність, оптимізація, рекуперація теплоти, повітрообмін.

					00. КМР. 142.003.019. ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Литовченко АЮ			Анотація	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Пилипенко ОЮ					4	83
Реценз.								
Н. контр.								
Затверд.		Петренко В. П.				ХМ – 1 – 7М		

Annotation

This master's project involves the development and optimization of a highly efficient air conditioning system for a metalworking production facility located in Kyiv.

The main refrigeration equipment operating on low-potential refrigerants R32 and R407 was selected. The key part of the work is the optimization system, which includes energy efficiency measures. The developed automation system provides precise adjustment of parameters, minimizing operating costs.

The project contains a full feasibility study, a graphic part of the principle with these diagrams, as well as a section on "Occupational Health and Safety".

Keywords: Air conditioning system, machining shop, R32, R407, heat input, energy efficiency, optimization, heat recovery, air exchange.

.

					00. KMP 142.003.019. ПЗ	Архив
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		5

Зміст

Вступ	8
1. Опис технологічної особливості приміщення	9
2. Об'ємно-планувальне рішення приміщення	12
3. Теплоізоляція	16
3.1 Визначення необхідної товщини ізоляції зовнішніх стін	17
3.2 Визначення необхідної товщини ізоляції стелі	18
3.3 Визначення необхідної товщини ізоляції внутрішніх стін	20
4. Теплонадходження	22
4.1 Теплонадходження основного цеху	22
4.1.1 Теплонадходження через будівельні конструкції	22
4.1.2. Теплонадходження від продукції	24
4.1.3. Теплонадходження від вентиляції	25
4.1.4. Теплонадходження від експлуатації	26
4.1.5. Теплонадходження загальні	27
4.1.6. Вологопотік	27
4.2 Теплонадходження лабораторії	28
4.2.1 Теплонадходження через будівельні конструкції	28
4.2.2. Теплонадходження від продукції	28
4.2.3. Теплонадходження від вентиляції	29
4.2.4. Теплонадходження від експлуатації	29
4.2.5. Теплонадходження загальні	29
4.3 Теплонадходження компресорної	29
4.3.1 Теплонадходження через будівельні конструкції	29
4.3.2. Теплонадходження від продукції	30
4.3.3. Теплонадходження від вентиляції	30
4.3.4. Теплонадходження від експлуатації	30
4.3.5. Теплонадходження загальні	31
5. Схема вентиляції та кондиціонування	32
5.1. Схема вентиляції	32
5.2 Схема кондиціонування	33
6. Підбір обладнання	35
6.1. Вентиляція	35
6.1.1. Вентиляція основного приміщення	35
6.1.2. Вентиляція лабораторії	35
6.1.3. Вентиляція компресорної	38

6.2. Кондиціонування	39
6.2.1. Основне приміщення, чиллер	39
6.2.2. Кондиціонування лабораторії	43
6.2.3. Кондиціонування компресерної	44
7. Техніко-економічні показники	46
7.1. Специфікація обладнання	47
7.2. Витрата на оплату електроенергії	48
7.3. Витрата на монтаж та заробітну плату	49
7.4 Амортизація обладнання	49
7.5 Розрахунок вартості одиниці холодопродуктивності	49
8. Охорона праці	51
8.1. Сучасний стан охорони праці в Україні та за кордоном	51
8.2 Основні терміни та визначення в галузі охорони праці.	51
8.3. Класифікація шкідливих та небезпечних виробничих чинників	53
8.4. Організація роботи служби охорони праці	57
8.5. Комісія з питань охорони праці підприємства	58
Список використаної літератури	63

Вступ

Сучасні процеси механічної обробки металів базуються на високоточному та енергоємному обладнанні з ЧПК. Це призводить до інтенсивного тепловиділення та підвищених вимог до стабільності мікроклімату, оскільки коливання температури безпосередньо впливає на точність обробки та умови праці.

Актуальність роботи обумовлена необхідністю комплексної модернізації системи вентиляції та кондиціонування повітря у великому існуючому виробничому приміщенні з метою забезпечення нормативних параметрів мікроклімату.

Метою даної магістерської роботи є розробка та оптимізація енергоефективної системи кондиціонування повітря. Основний фокус зосереджено на впровадженні інноваційних рішень (з використанням холодоагентів R32/R407), які забезпечать як нормативні умови, так і мінімальні експлуатаційні витрати.

Головним завданням при проектуванні установки є:

- вибір температурного режиму;
- розробка схеми установки;
- вибір необхідного обладнання;

					00. КМР 142.003.019. ПЗ	Аркуш
						8
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Опис технологічної особливості приміщення

Виробничий комплекс, що розглядається у цьому проекті, представляє собою багатофункціональний та багатостадійний цех механічної обробки металів. Його ключове призначення полягає у забезпеченні повного, безперервного циклу високоточного виготовлення критичних вузлів та деталей. Основна виробнича діяльність сконцентрована в центральній зоні, де розміщені різноманітні високотехнологічні верстати з числовим програмним керуванням (ЧПК), а також потужні фрезерні, токарні та високоточні шліфувальні агрегати.

Експлуатація цього обладнання, що працює з високими швидкостями та потужностями, неминуче супроводжується значними теплонадходженнями, що є прямим наслідком роботи потужних електродвигунів, а також тертя у процесі різання. Окрім теплової енергії, під час обробки утворюються тверді дисперсні частки – металева стружка та пил, а також аерозолі мастильно-охолоджуючих рідин (МОР), які несуть ризик забруднення повітря та потребують ефективного видалення. Для забезпечення безперервності виробництва та формування готових конструкцій, у цеху також функціонує окрема зона зварювання та монтажу. Тут, у процесі з'єднання елементів, відбувається інтенсивне виділення шкідливих газів, димів та металевих випарів, що, згідно з нормами охорони праці, вимагає обов'язкового застосування високопродуктивної локальної витяжної вентиляції.

					00. КМР 142.003.019. ПЗ	Аркуш
						9
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Особливе місце у структурі комплексу займає окрема кімната-лабораторія, призначена для метрологічного контролю якості та високоточних вимірювань. Це приміщення має надзвичайно жорсткі та стабільні вимоги до мікроклімату, які суттєво перевищують загальноцехові санітарні норми. Підтримання сталої температури (з мінімальними відхиленнями) необхідне для запобігання термічним похибкам вимірювань та деформації високоточних приладів. Таким чином, для цієї зони потрібна зонально-регульована та високоточна система кондиціонування, здатна забезпечити необхідну якість повітря, включаючи контроль вологості.

Виробничий процес, організований у одну зміну, з постійною присутністю 55 осіб персоналу у кожній зміні. Це обумовлює критичну необхідність розробки надійної та енергоефективної системи кондиціонування повітря. Згідно з ДСанПіН 3.3.6.042-99, для категорії робіт Пб, система має підтримувати наступні оптимальні параметри повітря у теплий період року: температура повітря – 21-23°C; відносна вологість – 40-60%; швидкість руху повітря – не більше 0.2 м/с.

Виходячи з мінімальних нормативних вимог до вентиляції промислових будівель, а також на припущенні, що відсутні надзвичайно інтенсивні процеси виділення шкідливих речовин, які б вимагали багаторазового перевищення мінімальних норм, у якості вихідної величини для розрахунку кратності повітрообміну приймається значення 1,5 обміну на годину[1].

Ця величина буде використана як база для подальшого теплотехнічного розрахунку та визначення фактичної продуктивності системи. Також варто зазначити, що для роботи системи кондиціонування (охолодження конденсаторів, зволоження, поповнення системи) знадобиться значний об'єм технічної води, що є додатковим ресурсом, який необхідно врахувати при проектуванні.

Основна діяльність зосереджена на високоточних верстатах з ЧПК, які є джерелом значних теплонадходжень: сумарна пікова електрична потужність обладнання становить 600 кВт. Для забезпечення безпечних, оптимальних

					00. КМР 142.003.019. ПЗ	Архив
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		10

умов праці та стабільності технологічних процесів необхідно суворе дотримання параметрів повітря. Крім теплового навантаження, в цеху існують незначні викиди аерозолів мастильно-охолоджуючих рідин (МОР) та зварювальні дими у зоні монтажу, що вимагає ефективно фільтрації та локальних витяжок у місцях значних загазованостей. Найбільш критичним викликом для проекту є неефективність існуючої вентиляції: стара припливна вентустановка не функціонувала протягом останніх років. Фактична вентиляція в теплий період року здійснюється неконтрольованим відкриттям воріт та вікон. Такий метод є неприпустимим, оскільки він унеможливує підтримання стабільної температури, сприяє інфільтрації зовнішнього забрудненого повітря та призводить до значних неконтрольованих тепловтрат/теплонадходжень, що суттєво знижує енергоефективність виробництва.

					00. КМР 142.003.019. ПЗ	Архив
						11
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Об'ємно-планувальне рішення приміщення

Проектований об'єкт, є типовою великопролітною промисловою будівлею. Він був зведений на базі стандартних збірних залізобетонних конструкцій, що визначає його каркасну структуру та значні внутрішні об'єми. Будівля має чітку прямокутну форму в плані та є комплексом без підвального приміщення. Геометричні параметри цеху, що підлягає проектуванню, складають 70 x 48 м, що забезпечує загальну площу понад 3300 м². Висота приміщення від підлоги до ферми покриття 12 м. У виробничому цеху встановлена кран-балка, що охоплює всю довжину приміщення та забезпечує оперативне переміщення вантажів по всій робочій зоні. Значна висота обумовлює необхідність ретельного інженерного підходу до розробки ефективної схеми повітророзподілу для боротьби з температурною стратифікацією та гарантування нормативних параметрів безпосередньо в робочій зоні.

Конструктивна схема об'єкта — це каркасна система, що забезпечує просторову жорсткість. Вона складається з вертикальних залізобетонних колон зі стандартною будівельною сіткою 12 x 24 м. В якості фундаментів під несучі залізобетонні конструкції (колони) використовується підколонні стакани (рис. 1), глибина якого 750 мм, зазори між його стінками і гранями колони - у верхній частині 75 мм, в нижній - 50 мм. Під колоною бетонна підливка товщиною 50 мм. Несучими елементами покриття виступають залізобетонні ферми довжиною 24 м(рис. 2), на які спираються ребристі плити покриття висотою 450 мм. та довжиною 12 м(рис. 3). Ця конструкція, типова для промислових споруд, забезпечує високу несучу здатність, необхідну для технологічного обладнання.

					00. КМР 142.003.019. ПЗ	Аркуш
						12
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

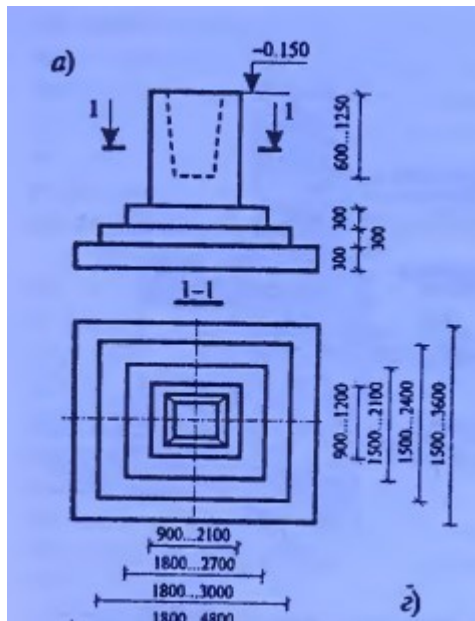


Рис. 1 – Підколонний стакан

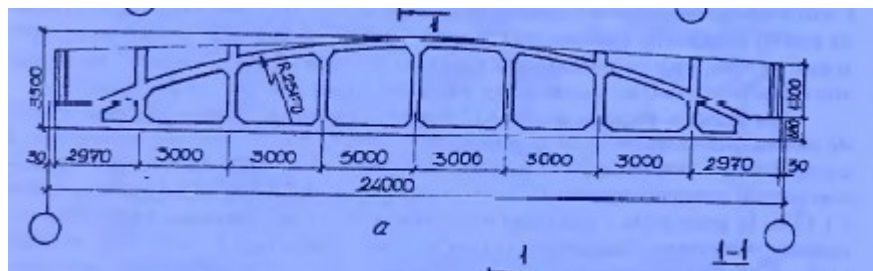


Рис. 2 - Залізобетонна ферма

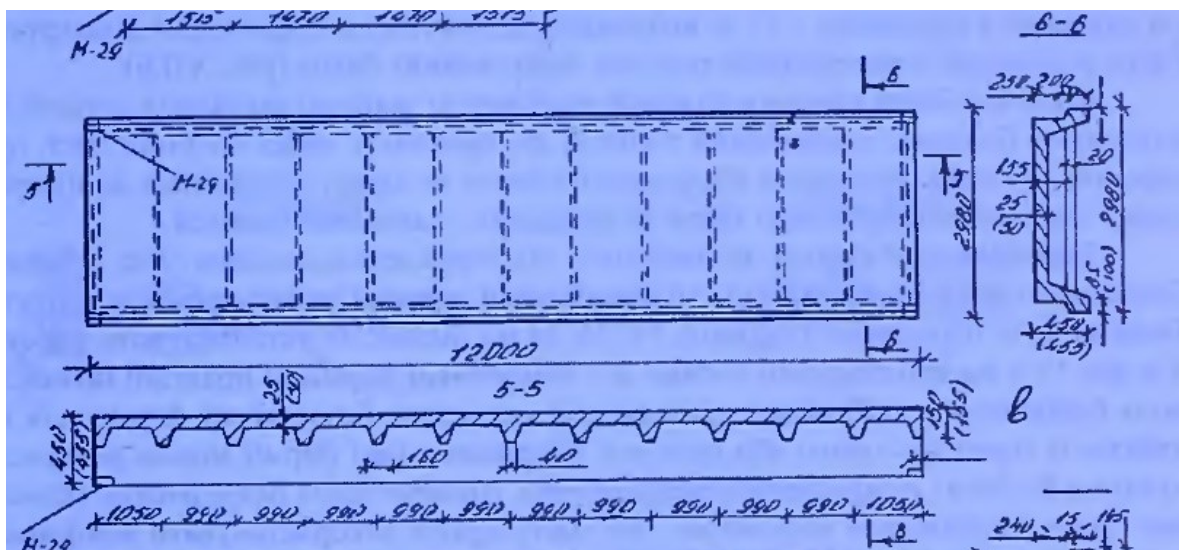


Рис. 3 - Залізобетонна плита перекриття

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Зовнішні стіни виконані з монолітного залізобетону, тепер В якості модернізації стіни будуть теплоізолювані сучасними сендвіч-панелями. Це значно знизить тепловтрати в холодний період року та теплонадходження в теплий. При цьому, три зовнішні стіни контактують із зовнішнім середовищем, а четверта стіна примикає до сусіднього адміністративного корпусу. Усі вікна замінені на металопластикові, енергоефективні конструкції (2-камерні склопакети), що мінімізує інфільтрацію зовнішнього повітря.

Покрівля є скатною, виконана з руберойду по залізобетонних плитах і підпадає під дію прямого сонячного випромінювання(рис. 4). Це, у поєднанні з темним кольором поверхні та значною площею покриття, є джерелом надмірних сонячних теплонадходжень у теплий період року. Цей фактор вимагає включення значного запасу потужності при розрахунку холодопродуктивності системи кондиціонування.

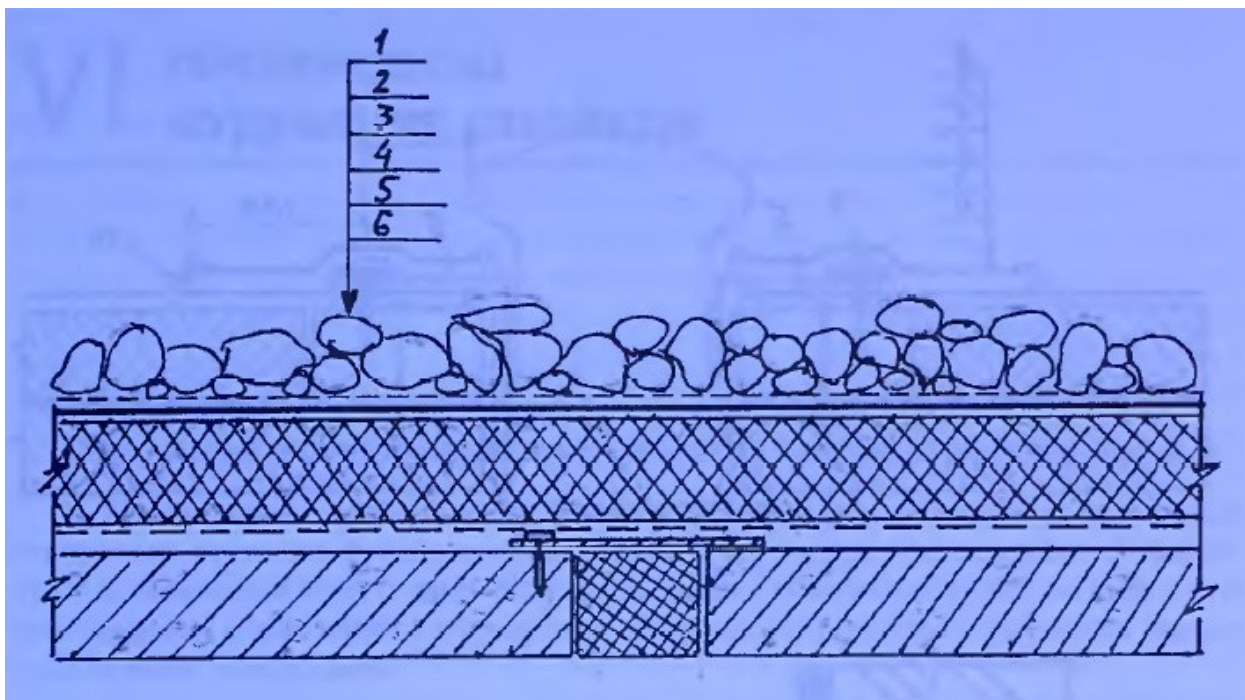


Рис. 4 - Покрівля

1 - гравій; 2 - геотекстиль; 3 - мембрана; 4 - утеплювач; 5 - пароізоляція; 6 - плита покриття.

Внутрішнє планування цеху реалізовано за принципом «Open Space», що дозволяє розміщувати виробничі ділянки відповідно до логіки

					00. КМР 142.003.019. ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		14

технологічного ланцюга. Простір розділений лише легкими перегородками висотою близько 2 м, які забезпечують гнучкість, але не створюють окремих кліматичних зон. Внутрішні стіни виконані муруванням із керамічної цегли товщиною 120, 250 мм. В межах цеху функціонують два критично важливі об'єкти, що вимагають особливого кліматичного контролю:

Лабораторія - приміщення розміром 5,2 x 7,4 м, площею 38,89 м² та висотою 8 м, призначене для метрологічного контролю. Його огорожувальні конструкції є легкими; одна зі стін є зовнішньою стіною цеху, а покрівля виходить у простір цеху. Це приміщення вимагає надзвичайно стабільних технологічних параметрів для запобігання термічним похибкам вимірювань, що робить необхідною автономну або високоточну зональну систему кондиціонування.

Повітряна компресорна - приміщення розміром 4,8 x 7,8 м, площею 39,45 м² та висотою 5 м. Наразі воно має легкі огорожувальні конструкції. Тепло, що виділяється компресорами, є значним внутрішнім джерелом тепла, яке потребує ефективного відведення або утилізації.

					00. КМР 142.003.019. ПЗ	Аркуш
						15
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Теплоізоляція

У промислових приміщеннях із цілодобовою експлуатацією та жорсткими вимогами до мікроклімату будівельні конструкції повинні забезпечувати нормований коефіцієнт теплопередачі. На відміну від холодильних камер, де домінує задача утримання низьких температур, у виробничих цехах основним пріоритетом є зменшення тепловтрат у холодний період та обмеження теплонадходжень у теплий сезон. Теплоізоляційні матеріали мають забезпечувати достатню міцність, вогнестійкість, низьку теплопровідність та відповідність санітарно-гігієнічним нормам.

Огороджувальні конструкції різного типу формують неоднорідний теплотехнічний контур, що потребує окремого розрахунку опору теплопередачі для кожного елемента. Зовнішні стіни з металевим каркасом і сендвіч-панелями виконують роль додаткової теплоізоляції, однак їх фактичний R ($R = \frac{\delta_i}{\lambda_i}$) слід визначати з урахуванням експлуатаційних умов і різної орієнтації поверхонь.

Віконні заповнення з енергоефективних склопакетів знижують теплові втрати.

Покрівля піддається інтенсивній дії сонячної радіації, тому розрахунок теплових потоків повинен враховувати як кондуктивний обмін, так і додаткові надходження від нагріву зовнішнього покриття.

Узагальнений теплотехнічний аналіз із визначенням R усіх огороджувальних елементів є обов'язковим етапом, що формує базу для визначення товщини теплоізоляції, зовнішніх теплонадходжень і розрахунку холодопродуктивності системи кондиціонування.

Усі значення R взято з ДБН В.2.6-31:2021[5].

					00. КМР 142.003.019. ПЗ	Аркуш
						16
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Товщина ізоляції рахується за формулою:

$$\delta_{із} = \lambda_{із} \left[R - \left(\frac{1}{\alpha_n} + \sum_{n=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_b} \right) \right], \text{ де}$$

$\lambda_{із}$ – коефіцієнт теплопровідності теплоізоляційного шару, $\left(\frac{\text{Вт}}{\text{м} \times \text{К}} \right)$;

α_n - коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої сторони, $\left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}} \right)$;

δ_i – товщина будівельного шару, (м);

R – опір теплопередачі огорожувальної конструкції $\left(\frac{\text{м}^2 \times \text{К}}{\text{Вт}} \right)$ [5];

λ_i – коефіцієнт теплопровідності будівельного шару, $\left(\frac{\text{Вт}}{\text{м} \times \text{К}} \right)$;

α_b - коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої сторони, $\left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}} \right)$.

3.1 Визначення необхідної товщини ізоляції зовнішніх стін

Ізоляція виконана із сендвіч панелей.

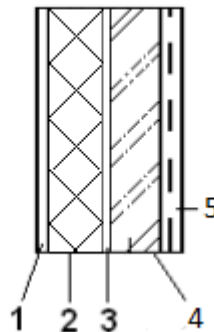


Рис. 5 - Стіна приміщення

1,3 - оцинкована сталь; 2 - теплоізоляція із вспіненого поліуретану;

4 - залізобетон; 5 - штукатурка.

1. Оцинкована сталь

$$\delta_{сталь} = 0,00063 \text{ м};$$

$$\lambda_{сталі} = 0,55 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \times \text{К}}$$

$$R_{жесті} = \frac{\delta_i}{\lambda_i} = 0,0001 \frac{\text{м}^2 \times \text{К}}{\text{Вт}}$$

					00. КМР 142.003.019. ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		17

2. Теплоізоляція із вспіненого поліуретану

$$\lambda_{із} = 0,025 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \times \text{К}}$$

$$R_{із} = 1,7 \frac{\text{м}^2 \text{К}}{\text{Вт}};$$

3. Оцинкована сталь

$$\delta_{сталь} = 0,00063 \text{ м};$$

$$\lambda_{сталі} = 0,55 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \times \text{К}}$$

$$R_{жесті} = \frac{\delta_i}{\lambda_i} = 0,0001 \frac{\text{м}^2 \times \text{К}}{\text{Вт}}$$

4. Залізобетон

$$R = 0,502 [3];$$

$$\alpha_{н} = 23,3 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}} [3];$$

$$\alpha_{в} = 9,28 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}} [3].$$

5. Шар штукатурки є незначним, тому при розрахунку товщини теплоізоляції ігнорується.

$$\begin{aligned} \delta_{із} &= \lambda_{із} \left[R_{із} - \left(\frac{1}{\alpha_{н}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{в}} \right) \right] \\ &= 0,025 \left[1,7 - \left(\frac{1}{23,3} + 0,502 + 0,001 + 0,001 + \frac{1}{9,28} \right) \right] = 0,03 \text{ м.} \end{aligned}$$

Виходячи з інформації яку надає виробник сендвіч панелей, найближче стандартне значення товщини сендвіч-панелей – 50 мм. не розраховане на навантаження яке припадає на прольоти будівельних конструкцій більше ніж 5 м[6]. Тому товщину ізоляції приймаємо 100 мм.

Робимо перерахунок теплопередачі.

$$K_{ст} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{н}} + \sum R + \frac{\delta_{із}}{\lambda_{із}}} = \frac{1}{\frac{1}{23,3} + 0,502 + 0,001 + 0,001 + \frac{0,1}{0,025}} = 0,22 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

3.2 Визначення необхідної товщини ізоляції стелі

Розрахунки аналогічні стінам

					00. КМР 142.003.019. ПЗ	Архив
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		18

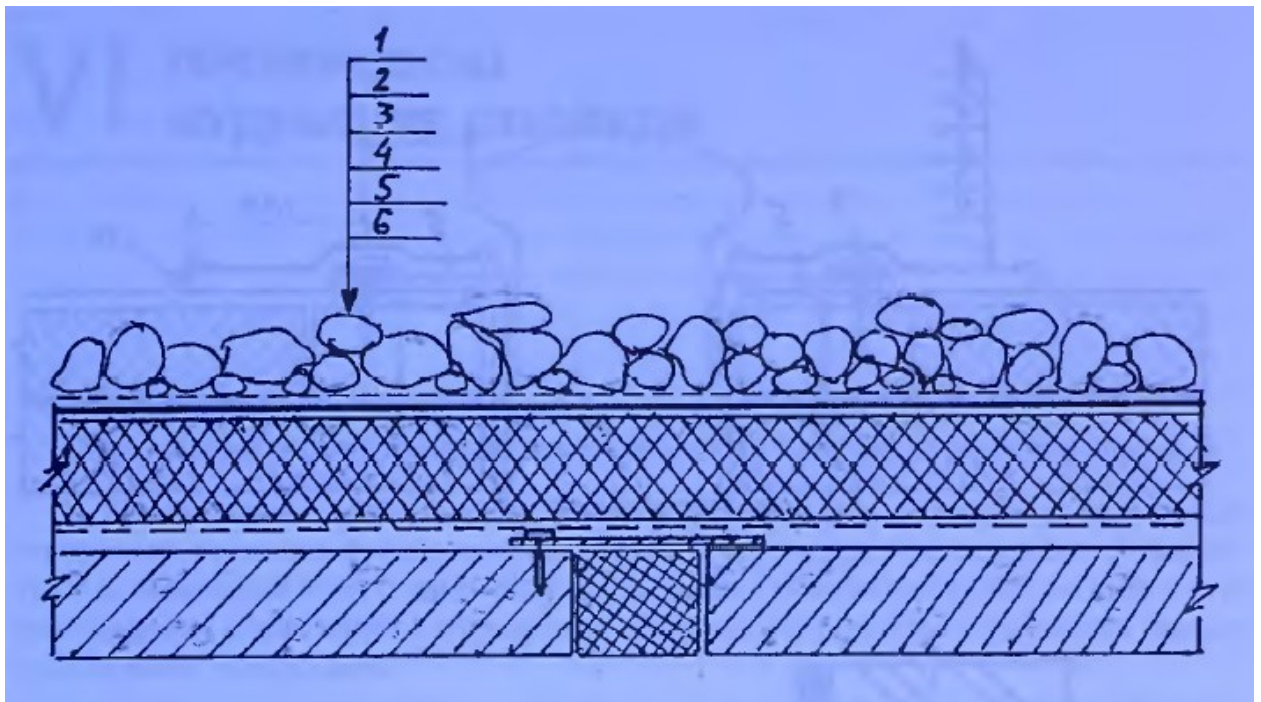


Рис. 6 - Покрівля

1 - гравій; 2 - рубероїд; 3 - бетонна стяжка; 4 - керамзитний гравій;
5 - бетонна стяжка; 6 - плита покриття.

1.Гравій

$$\lambda_{\Gamma} = 2 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \times \text{К}}$$

$$\delta_{\Gamma} = 0,1\text{м};$$

$$R_{\Gamma} = 0.05 \frac{\text{м}^2 \times \text{К}}{\text{Вт}}$$

2.Рубероїд

$$\lambda_{\text{р}} = 0,25 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \times \text{К}}$$

$$\delta_{\text{р}} = 0,005\text{м};$$

$$R_{\text{р}} = 0.02 \frac{\text{м}^2 \times \text{К}}{\text{Вт}}$$

3.Бетонна стяжка

$$\lambda_{\text{с}} = 1,8 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \times \text{К}}$$

$$\delta_{\text{с}} = 0,005\text{м};$$

$$R_{\text{с}} = 0.27 \frac{\text{м}^2 \times \text{К}}{\text{Вт}}$$

4.Керамзитний гравій

					00. КМР 142.003.019. ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		19

$$\lambda_{із} = 0,12 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \times \text{К}}$$

5.Бетонна стяжка

$$\lambda_p = 1,8 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \times \text{К}}$$

$$\delta_p = 0,005\text{м};$$

$$R_c = 0.27 \frac{\text{м}^2 \times \text{К}}{\text{Вт}}$$

6.Плита перекриття

$$\lambda_p = 2 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \times \text{К}}$$

$$\delta_p = 0,24\text{м};$$

$$R_p = 0.12 \frac{\text{м}^2 \times \text{К}}{\text{Вт}}$$

6.Шар гідроізоляції не виконує функцію теплоізоляції тому при розрахунках ігноруємо його.

$$\begin{aligned} \delta_{із} &= \lambda_{із} \left[R - \left(\frac{1}{\alpha_H} + \sum_{n=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_B} \right) \right] \\ &= 0,12 \left[4,3 - \left(\frac{1}{23,3} + 0,05 + 0,02 + 0,27 + 0,27 + 0,12 + \frac{1}{9,28} \right) \right] \\ &= 0,4 \text{ м.} \end{aligned}$$

Приймаємо товщину шару керамзитного гравію 400 мм.

Робимо перерахунок теплопередачі.

$$K_{\text{покр}} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_H} + \sum R + \frac{\delta_{із}}{\lambda_{із}}} = \frac{1}{\frac{1}{23,3} + 0,0025 + \frac{0,4}{0,12}} = 0,29 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

3.3 Визначення необхідної товщини ізоляції внутрішніх стін

Внутрішні стіни та перегородки цеху, що розділяють виробничі зони, лабораторію та компресорну, не потребують додаткової теплоізоляції і виключаються з розрахунку.

					00. КМР 142.003.019. ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		20

Це обґрунтовується тим, що вся площа комплексу підтримується єдиним температурним режимом (21-23°C). Оскільки різниця температур (Δt) між суміжними внутрішніми приміщеннями дорівнює нулю, згідно з законами теплофізики, теплообмін між ними також дорівнює нулю.

Таким чином, функція внутрішніх огорожень обмежується лише конструктивним зонуванням та звукоізоляцією, а потреба у їхньому тепловому захисті відсутня.

					00. КМР 142.003.019. ПЗ	Аркуш
						21
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Теплонадходження

Загальна кількість теплоти, що надходить в приміщення:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4. \text{ Вт,}$$

де Q_1, Q_2, Q_3, Q_4 , - надходження теплоти через огорожувальні будівельні конструкції, від оброблювальної продукції, від від вентиляції приміщень, пов'язане з експлуатацією приміщення.

4.1 Теплонадходження основного цеху

4.1.1 Теплонадходження через будівельні конструкції

$$Q_1 = Q_{1T} + Q_{1c}, \text{ Вт;}$$

де Q_{1T} та Q_{1c} - надходження теплоти відповідно через стіни, простінки, перекриття, покрівлю, через підлогу, від сонячної радіації, Вт.

$$t_{\text{вн}} = 21 \text{ }^\circ\text{C;}$$

$$t_{\text{зовн}} = 34 \text{ }^\circ\text{C;}$$

$$K_{\text{ст}} = 0.22 \left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}} \right)$$

$$K_{\text{покр}} = 0.29 \left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}} \right)$$

Коефіцієнти теплопередачі для підлоги що лежить на ґрунті приймаємо по зонно, розділивши підлогу на 4 зони(рис. 7)

$$K_1 = 0,47 \left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}} \right);$$

$$K_2 = 0,33 \left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}} \right);$$

$$K_3 = 0,14 \left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}} \right);$$

$$K_4 = 0,074 \left(\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}} \right).$$

Для стін та покрівлі:

$$Q_{1T} = K \times F \times \Delta t, \text{ Вт}$$

Для підлоги:

					00. КМР 142.003.019. ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		22

$$Q_{1T} = (K_1 \times F_1 + K_2 \times F_2 + K_3 \times F_3 + K_4 \times F_4) \times \Delta t, \text{ Вт}$$

Розрахунок теплопритоків через підлогу відбувається із врахуванням різних коефіцієнтів теплопровідності для 4 зон підлоги.

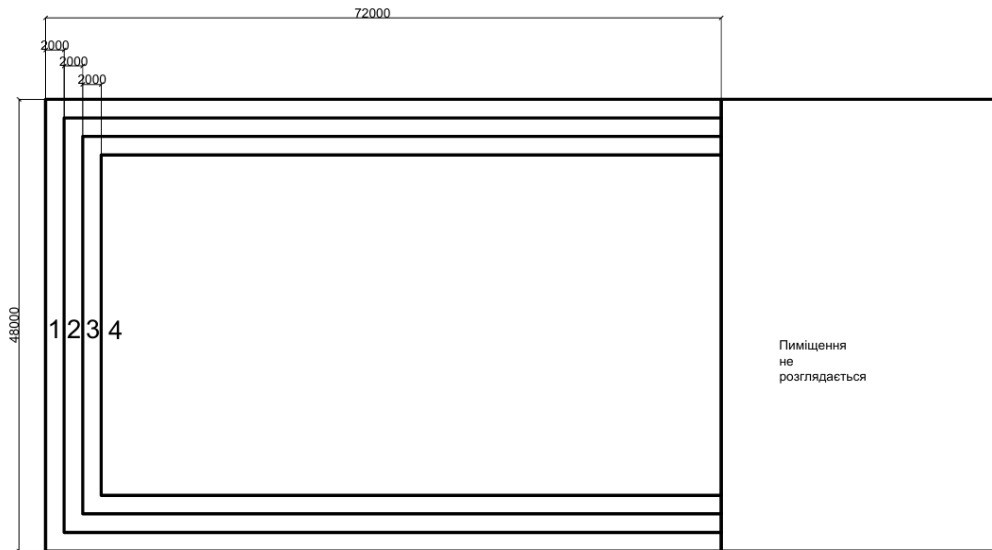


Рис. 7 - Розподіл зон теплопритоків підлоги

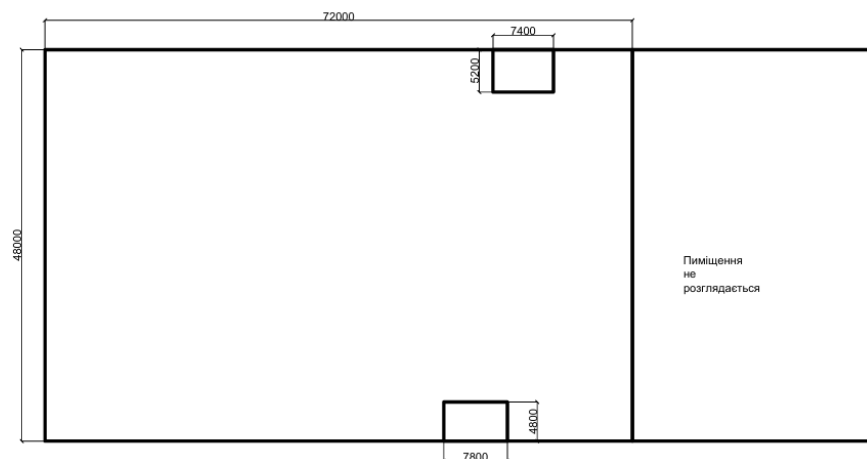
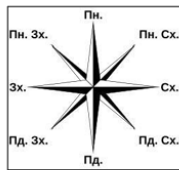


Рис. 8 - Орієнтація будівлі за сторонами світу

Надходження теплоти від стін:

Від Пн стіни із площею 876 м²;

$$Q_{1Tпн} = 0,22 \times 876 \times (34 - 21) = 2\,505 \text{ Вт}$$

Від Пд стіни з площею 876 м²;

$$Q_{1\text{тпд}} = 0,22 \times 876 \times (34 - 21) = 2\,505 \text{ Вт}$$

Від Зх. стіни із площею 588 м²;

$$Q_{1\text{тзх}} = 0,22 \times 588 \times (34 - 21) = 1\,681 \text{ Вт}$$

Від Сх. стіни із площею 588 м²;

$$Q_{1\text{тсх}} = 0,22 \times 588 \times (21 - 21) = 0 \text{ Вт}$$

Теплонадходження від підлоги:

$$\begin{aligned} Q_{1\text{тп}} &= (K_1 \times F_1 + K_2 \times F_2 + K_3 \times F_3 + K_4 \times F_4) \times \Delta t \\ &= (0,47 \times 380,6 + 0,33 \times 364,6 + 0,14 \times 348,6 \\ &\quad + 0,07 \times 2451,5) \times (34 - 21) = 520 \text{ Вт} \end{aligned}$$

Теплонадходження від покрівлі:

$$Q_{1\text{т}} = 0,29 \times 3577 \times (34 - 21) = 27\,435 \text{ Вт}$$

Теплонадходження від сонячної радіації:

$$Q_{1\text{с}} = K \times F \times \Delta t_{\text{с}}, \text{ Вт, де}$$

$\Delta t_{\text{с}}$ - надлишкова різниця температури від сонячної радіації

Від Пд стіни.

$$Q_{1\text{с}} = 0,22 \times 876 \times 8 = 1\,542 \text{ Вт}$$

Від Зх стіни

$$Q_{1\text{с}} = 0,22 \times 588 \times 11,7 = 1\,513 \text{ Вт}$$

Від покрівлі

$$Q_{1\text{с}} = 0,29 \times 3577 \times 17,7 = 18\,360 \text{ Вт}$$

Сукупні теплонадходження через стіни, простінки, перекриття, через підлогу, від сонячної радіації:

$$Q_1 = 2,5 + 2,5 + 1,7 + 0 + 0,5 + 27,4 + 1,5 + 1,5 + 18,3 = 55,9 \text{ кВт}$$

4.1.2. Теплонадходження від продукції

Теплонадходження від оброблювальної продукції у розрахунках не враховуються, оскільки фактична продукція відсутня; для оцінки теплового

					00. КМР 142.003.019. ПЗ	Архив
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		24

балансу передбачено лише теплове навантаження від устаткування та технологічних процесів, яке враховане у Q4

$$Q_2 = 0 \text{ кВт.}$$

4.1.3. Теплонадходження від вентиляції

Значною складовою теплового балансу виробничого приміщення є теплонадходження, пов'язані з необхідністю обробки зовнішнього припливного повітря. Оскільки технологічний процес та санітарні норми вимагають подачі свіжого повітря в об'ємі 75,600 м³/год (прийнята кратність n=1.5), у теплий період року це повітря вносить значну кількість тепла та вологи. Зовнішнє повітря з параметрами для м. Київ має значно вищий енергетичний потенціал (ентальпію), ніж повітря, що підтримується в приміщенні. Для асиміляції цієї різниці енергій та забезпечення подачі в цех підготовленого повітря, система кондиціонування (секція охолодження центрального кондиціонера) повинна компенсувати теплонадходження, які розраховуються за різницею ентальпій.

$$V_{\text{п}} = V \cdot 1,5 = 70 \cdot 48 \cdot 12 \cdot 1,5 = 60480 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}, \text{ де}$$

V - об'єм приміщення.

$$Q_3 = M_{\text{п}} \times (h_{\text{зовн}} - h_{\text{вн}}) = \frac{V_{\text{п}} \times \rho}{3600} \times (h_{\text{зовн}} - h_{\text{вн}}), \text{ де}$$

$M_{\text{п}}$ - масова подача повітря $\frac{\text{кг}}{\text{с}}$;

$h_{\text{зовн}}$ - ентальпія зовнішнього повітря $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$;

$h_{\text{вн}}$ - ентальпія внутрішнього повітря $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$;

$V_{\text{п}}$ - об'ємна подача повітря $\frac{\text{м}^3}{\text{год}}$;

ρ - густина повітря $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

					00. КМР 142.003.019. ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		25

Використовуюючи і - d діаграма вологого повітря(дод. 3), визначаємо необхідні значення.

$$\begin{aligned} Q_3 &= M_{\text{п}} \times (h_{\text{зовн}} - h_{\text{вн}}) = \frac{V_{\text{п}} \times \rho}{3600} \times (h_{\text{зовн}} - h_{\text{вн}}) \\ &= \frac{60480 \times 1,148}{3600} \times (67,5 - 57,8) = 187 \text{ кВт} \end{aligned}$$

4.1.4. Теплонадходження від експлуатації

До експлуатаційних теплонадходжень відносяться внутрішні теплові потоки, що виникають у процесі використання приміщення персоналом та обладнанням.

Згідно із законом збереження енергії, електрична потужність, що споживається електродвигунами верстатів (сумарно 600 кВт, що відповідає піковому споживанню), трансформується у механічну роботу різання, яка, в свою чергу, внаслідок пластичних деформацій та тертя перетворюється на теплову енергію безпосередньо в зоні контакту інструменту з заготовкою. При розрахунках слід враховувати коефіцієнт неодночасності роботи обладнання для визначення реальної теплової потужності, що надходить у приміщення. Таким чином, нагріті деталі та стружка виступають не окремим джерелом генерації енергії, а акумуляторами та переносниками тепла, отриманого від роботи обладнання. Основна частка цієї теплової енергії (до 80%) концентрується у стружці та деталях, які, маючи температуру значно вищу за температуру цеху, віддають тепло у приміщення шляхом конвекції та випромінювання під час остигання. Розрахунок цієї складової дозволяє деталізувати тепловий баланс, визначивши, яка частина загальної спожитої потужності розсіюється безпосередньо корпусами двигунів, а яка — через нагрітий метал і мастильно-охолоджуючі рідини, що є необхідним для коректної організації повітрообміну та запобігання локальним перегрівам у робочих зонах. Виходячи з цього, теплонадходження від роботи обладнання

					00. КМР 142.003.019. ПЗ	Архив
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		26

еквівалентне споживаній електричній енергії з урахуванням пікового споживання та коефіцієнта неоднорчасності(0,5).

$$Q_{4o} = 600 \cdot 0,5 = 300 \text{ кВт}$$

Вплив відкривання дверей у контексті даного об'єкта є незначним. З урахуванням геометричних параметрів будівлі та режиму її експлуатації теплонадходження, пов'язані з інфільтрацією під час відкривання дверей, можна вважати такими, що не впливають на загальний тепловий баланс. Тому в розрахунку ними знехтувано.

Таким чином, у рамках цього підрозділу фактичним джерелом експлуатаційних теплонадходжень залишаються люди, присутні у приміщенні. Для даного типу діяльності прийнято тепловиділення 250 Вт на одну людину, що відповідає важкій фізичній роботі.

$$Q_{4л} = 250 \cdot 55 = 13\,750 \text{ Вт, де}$$

250 - (Вт) це теплопритоки від однієї людини;

55 - кількість робочого персоналу в одну зміну.

$$Q_4 = Q_{4o} + Q_{4л} = 300 + 13,75 = 313,75$$

4.1.5. Теплонадходження загальні

Отже, загальна необхідна холодопродуктивність дорівнює:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 55,9 + 0 + 187 + 313,75 = 556,65 \text{ кВт}$$

4.1.6. Вологопотік

$$\Sigma W = W_2 + W_3 + W_4, \text{ де}$$

W_2 - вологопотік від продукції;

W_3 - вологопотік із зовнішнім повітрям;

W_4 - експлуатаційні вологопотоки.

W_2 - вологопотік відсутній.

					00. КМР 142.003.019. ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		27

$$W3 = \frac{V_{\text{п}} \times \rho}{3600} \times (d_{\text{зовн}} - d_{\text{вн}}) \times 10^{-3} = \frac{60480 \cdot 1.148}{3600} \times (20,8 - 12,3) = 0,16 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$$

$$W4 = \omega_{\text{люд}} \cdot n = 60 \cdot 55 = 3300 \text{ г/год.} = 3,3 \text{ кг/год.}$$

$$\Sigma W = 0,16 + 3,3 = 3,46 \text{ кг/год} = 0,0009 \text{ кг/с}$$

Ця кількість ввиділення вологи рівнозначна 0,0009 кВт теплоти в тепловому балансі, це надходження є дуже незначним в загальних цифрах, тому ми нехтуємо нею.

4.2 Теплонадходження лабораторії

4.2.1 Теплонадходження через будівельні конструкції

Методика та розрахунки аналогічні розрахункам основного цеху.

Надходження теплоти від стін:

Від стіни сумісних з основним приміщенням – додаткових теплопритоків не буде через однаковий температурний режим.

Від стіни суміжної з вулицею із площею 59,2

$$Q1_{\text{т}} = 0,22 \times 59,2 \times (34 - 21) = 169,3 \text{ Вт}$$

Сукупні теплонадходження через стіни, простінки, перекриття, через підлогу, від соняної радіації:

$$Q1 = 0,169 + 0,05 = 0,2 \text{ кВт}$$

4.2.2. Теплонадходження від продукції

Теплонадходження від оброблювальної продукції у розрахунках не враховуються, оскільки фактична продукція відсутня; для оцінки теплового балансу передбачено лише теплове навантаження від устаткування та технологічних процесів, яке враховане у Q4

$$Q2 = 0 \text{ кВт.}$$

					00. КМР 142.003.019. ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		28

4.2.3. Теплонадходження від вентиляції

$$V_{\Pi} = V \cdot 1,5 = 38,89 \cdot 8 \cdot 1,5 = 466 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}, \text{ де}$$

V – об'єм приміщення;

$V_{\Pi} = 466 \text{ м}^3/\text{год}$ – необхідна потачка свіжого повітря.

$$\begin{aligned} Q_3 &= M_{\Pi} \times (h_{\text{зовн}} - h_{\text{вн}}) = \frac{V_{\Pi} \times \rho}{3600} \times (h_{\text{зовн}} - h_{\text{вн}}) \\ &= \frac{466 \times 1,148}{3600} \times (67,5 - 57,8) = 1 \text{ кВт} \end{aligned}$$

4.2.4. Теплонадходження від експлуатації

Сумарна потужність електро приладів є незначною.

$$Q_{4\text{л}} = 200 \cdot 2 = 400 \text{ Вт, де}$$

200 - (Вт) це теплопритоки від однієї людини;

2 - кількість робочого персоналу в одну зміну.

$$Q_4 = Q_{4\text{о}} + Q_{4\text{л}} = 0 + 0,4 = 0,4 \text{ кВт}$$

4.2.5. Теплонадходження загальні

Отже, загальна необхідна холодопродуктивність дорівнює:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 1,5 \text{ кВт}$$

4.3 Теплонадходження компресорної

4.3.1 Теплонадходження через будівельні конструкції

Методика та розріхунки аналогічні розрахункам сноаного цеху.

Надходження теплоти від стін:

					00. КМР 142.003.019. ПЗ	Архив
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		29

Від стіни суміжних з основним приміщенням – додаткових теплопритоків не буде через однаковий температурний режим у суміжних приміщеннях.

Від стіни сумісної з вулицею, площею 39 м²

$$Q_{1T} = 0,22 \times 39 \times (34 - 21) = 111,5 \text{ Вт}$$

Теплонадходження від сонячної радіації:

Від стіни сумісної з вулицею

$$Q_{1C} = 0,22 \times 39 \times 311,7 = 33,4 \text{ Вт}$$

Сукупні теплонадходження через стіни, простінки, перекриття, через підлогу, від сонячної радіації:

$$Q_1 = 0,11 + 0,03 = 0,14 \text{ кВт}$$

4.3.2. Теплонадходження від продукції

Теплонадходження від оброблювальної продукції у розрахунках не враховуються, оскільки фактична продукція відсутня; для оцінки теплового балансу передбачено лише теплове навантаження від устаткування та технологічних процесів, яке враховане у Q₄

$$Q_2 = 0 \text{ кВт.}$$

4.3.3. Теплонадходження від вентиляції

У приміщенні компресорної передбачено тільки витяжну систему, тому додаткових теплонадходжень від вентиляції нема.

4.3.4. Теплонадходження від експлуатації

Сумарна потужність електро приладів

$$Q_{4o} = 40 \text{ кВт}$$

					00. КМР 142.003.019. ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		30

4.3.5. Теплонадходження загальні

Отже, загальна необхідна холодопродуктивність дорівнює:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 0,14 + 0 + 0 + 40 = 40,14 \text{ кВт}$$

					00. КМР 142.003.019. ПЗ	Аркуш
						31
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Схема вентиляції та кондиціонування

5.1. Схема вентиляції

Існуюча система припливної вентиляції здатна повністю забезпечити потребу у повітрообміні цеху. Однак, оскільки вентиляційна установка останні роки не використовувалася, її працездатність потребує відновлення через технічний огляд та реставраційні роботи.

Для підвищення енергоефективності системи передбачено оснащення електродвигуна припливного вентилятора частотним перетворювачем. Це дозволяє регулювати кратність циркуляції повітря відповідно до фактичних потреб технологічного процесу. Крім того, реконструйовано систему розподілу повітря від припливної установки для забезпечення більш рівномірного розподілу повітря по приміщенню.

Для лабораторії передбачено встановлення окремої підвісної припливно-втяжної установки з рекуператором. Така схема забезпечує автономне зональне обслуговування мікроклімату лабораторії незалежно від основного цеху, підтримуючи стабільні параметри температури та вологості.

Сумарно схема вентиляції забезпечує необхідний повітрообмін, контроль мікроклімату та енергоефективність, відповідаючи вимогам виробничого процесу та нормативним показникам.

					00. КМР 142.003.019. ПЗ	Аркуш
						32
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2 Схема кондиціонування

Система кондиціонування повітря виробничого цеху реалізована на базі одного чиллера з холодоагентом R32 та проміжним холодоносієм пропіленгліколь 35 %. Основним вузлом є теплообмінник гліколь/вода, який дозволяє ефективно розподіляти холодопродуктивність між різними секціями системи. Частина потужності направляється на кліматичні панелі EFFI, що до цього функціонували лише в режимі опалення. Використання панелей як теплообмінників для охолодження дає змогу інтегрувати їх у гідравлічну схему системи, зменшити кількість додаткових повітроохолоджувачів та оптимізувати діаметри магістральних трубопроводів, що сприяє зниженню капітальних витрат і підвищенню енергоефективності системи. Рівномірне розташування панелей по робочих зонах забезпечує рівномірний розподіл температурного поля та підтримання комфортного мікроклімату для персоналу.

Друга частина холодопродуктивності чиллера призначена для охолодження припливних установок, що дозволяє забезпечити необхідну температуру повітря у робочих зонах цеху. Прилади охолодження розташовані вздовж стін та по центральному ряду колон, що не тільки оптимізує розподіл холодного повітря, але й спрощує монтажні роботи та технічне обслуговування. Кріплення приладів і трубопроводів здійснено до стін та несучих колон цеху, що виключає перешкоди для технологічного процесу та забезпечує безпеку під час експлуатації.

Для лабораторії передбачено встановлення окремої індивідуальної системи кондиціонування на R32 з безпосереднім випарником у внутрішньому блоці. Таке рішення оптимально для невеликого приміщення, де може виникати необхідність швидкої зміни температури повітря залежно від режиму роботи або проведення експериментальних операцій. Система лабораторії забезпечує точне підтримання заданого температурного режиму

					00. КМР 142.003.019. ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		33

та зручний контроль за кліматичними параметрами в автономному режимі, незалежно від основного цеху.

Для компресорної встановлюється окрема хладонова система кондиціонування на R407 із функцією фрікулінгу. Основне охолодження здійснюється за рахунок припливу зовнішнього повітря без додаткового охолодження, що забезпечує підтримку температури в межах допустимих робочих значень за звичайних умов. У випадку тривалої роботи обладнання з максимальним навантаженням або за аномальної спеки застосовується додаткове охолодження холодильною машиною, що гарантує підтримання температури повітря на потрібному рівні та захист обладнання від перегріву.

Для зменшення інфільтрації повітря через відкриття вхідних воріт та вікон встановлено повітряні завіси без термообробки циркулюючого повітря. Цей захід забезпечує збереження ефективності системи кондиціонування та мінімізацію теплових втрат, не потребуючи додаткового енергоспоживання.

Використання проміжного холодоносія для охолодження панелей EFFI дозволяє інтегрувати систему кондиціонування та опалення в єдину гідравлічну схему. Це підвищує енергоефективність, дозволяє оптимізувати витрати на обладнання та матеріали, а також спрощує управління режимами температури у цеху. Пропоноване рішення є екологічним, безпечним для персоналу, забезпечує гнучке масштабування системи та резервування холодопродуктивності. Крім того, інтеграція з кліматичними панелями дозволяє значно знизити необхідну кількість додаткових приладів охолодження та забезпечити рівномірний розподіл температурного поля по всьому об'єму цеху, що є критично важливим для підтримання комфортного мікроклімату та стабільності технологічного процесу.

					00. КМР 142.003.019. ПЗ	Архив
						34
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

6. Підбір обладнання

6.1. Вентиляція

6.1.1. Вентиляція основного приміщення

Після детального обстеження існуючої системи вентиляції, з'ясовано, що після технічного обслуговування вона здатна забезпечити необхідний повітрообмін.

6.1.2. Вентиляція лабораторії

Виходячи з об'ємно-планувальної схеми лабораторії розробляємо схему вентиляції(рис.).

Необхідно розріхувати дві гілки повітроводів, але враховуючи що вони дзеркальні, розрахунок проводимо тільки для однієї

Розрахунок діаметр повітроводів:

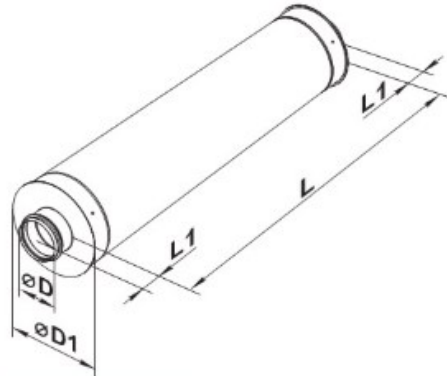
$$D = \sqrt{\frac{4 \times V}{\pi \times v}} = \sqrt{\frac{4 \times 466}{3,14 \times 4,12}} = 0,2 \text{ м}$$

При швидкості повітря 4,12 м/с необхідно встановити шумоглушники. Підбираємо модель СР 200/900 по діаметрк повітропроводів та об'ємною витратою повітря.

					00. КМР 142.003.019. ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		35

Зниження рівня шуму, дБ(октавні смуги частот, Гц)								
	63 Гц	125 Гц	250 Гц	500 Гц	1000 Гц	2000 Гц	4000 Гц	8000 Гц
CP 200/900	3	7	11	20	39	23	8	7

Габаритні розміри



Розміри	D	D1	L	L1
мм	199	300	900	50

Діаграма залежності падіння тиску від витрати повітря

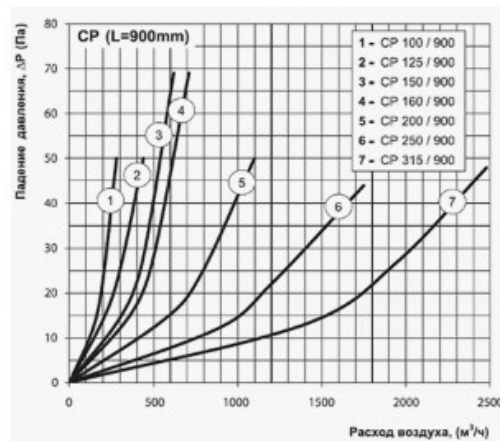


Рис. 9 – Параметри шумоглушника

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

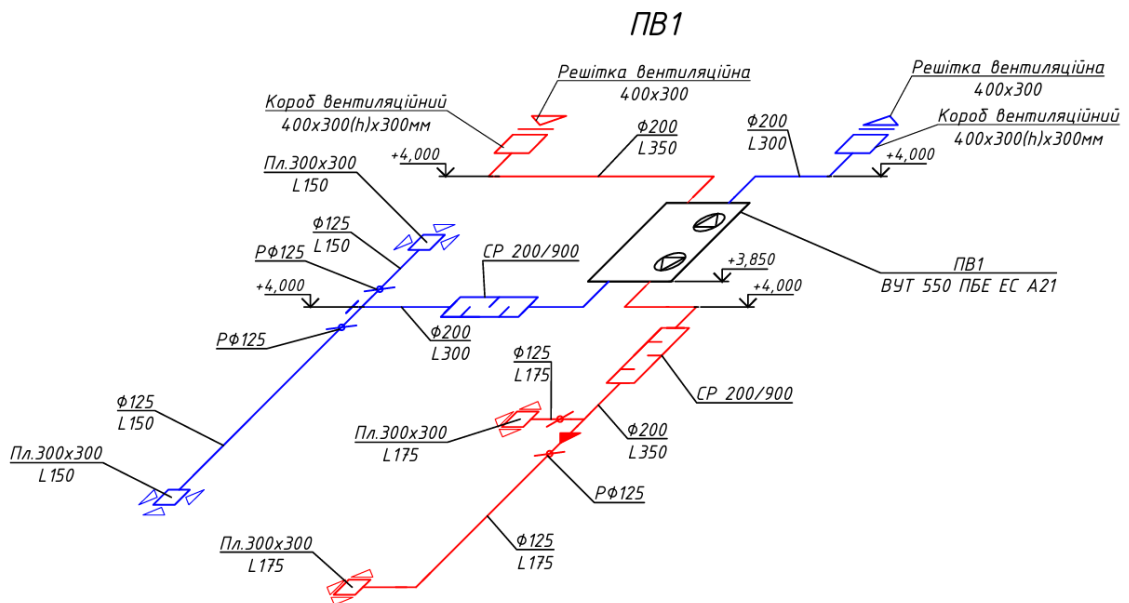


Рис. 10 -Схема системи ПВ1

Використовуючи сайт виробника повітроводів[7], а також додаючи технічні значення опорів шумоглушника та інших елементів, розраховуємо опір у системі.

$$\Delta P = 150 \text{ Па.}$$

В приміщенні лабораторії встановлюємо окрему приточно-витяжну установки з функцією рекуперації тепла розрахункової припливно-витяжної потужності 466 м³ та опором 150 Па. Прийнято рішення встановити установку фірми «Вентс»(Україна).

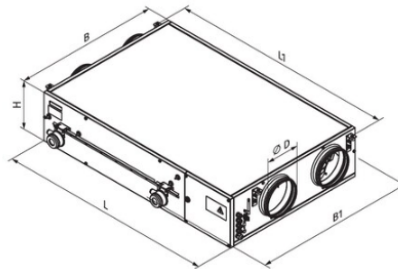
З каталогу продукції підбираємо модель ВУТ 550 ПБЕ ЕС.

					00. КМР 142.003.019. ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		37

Технічні характеристики

Параметр	Величина
Напруга, В	230
Частота струму, Гц	50
Максимальна потужність вентиляторів, Вт	297
Потужність електричного нагрівача, Вт	2000
Сумарна потужність установки, Вт	2297
Сумарний струм, А	8.7
Продуктивність, м³/год	620
Швидкість обертання, хв ⁻¹	3100
Рівень шуму на відстані 3 м, дБ (А)	30
Максимальна температура переміщуваного повітря, С	-25...+40
Вага, кг	67
Розмір повітропроводу, мм	200

Габаритні розміри



Розміри	D	B	B1	H	L	L1
мм	200	827	960	280	1238	1291

Рис. 11 - Характеристики ПВУ

Діаграма

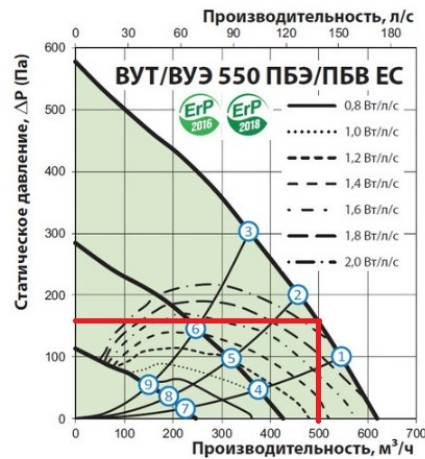


Рис. 12 - Діаграма потужності ПВУ

Для рівномірного розподілу повітря по лабораторії робимо розводку повітропроводами.

Діаметри повітропроводів розраховуємо за наступною формулою:

6.1.3. Вентиляція компресерної

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

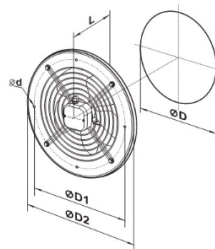
Виходячи з схеми вентиляції, в приміщенні компресорної встановлюємо витяжний вентилятор розрахункової потужності 800 м3/год. Прийнято рішення встановити вентилятор фірми «Вентс»(Україна).

З каталогу продукції підбираємо модель Осьовий вентилятор Вентс ОВК 2Е 200.

Технічні характеристики

Параметр	Величина
Напруга, В	230
Струм, А	0,26
Частота струму, Гц	50
Максимальна потужність, Вт	55
Продуктивність, м ³ /год	860
Швидкість обертання, об/хв	2300
Рівень шуму на відстані 3 м, дБ(А)	50
Максимальна температура переміщуваного повітря, °С	-30...+60
Вага, кг	3
Захист, клас	IP24
Розмір патрубку, мм	200

Габаритні розміри



Розміри	D	D1	D2	d	L
мм	210	250	280	7	145

Рис. 13 -Характеристики витяжного вентилятора

6.2. Кондиціонування

6.2.1. Основне приміщення, чиллер

Кламат контроль основного приміщення здійснюється за рахунок встановлення по периметру цеху відцентрових вентиляторів із встроєними секція охолодження, а також за рахунок кліматичних панелей EFFI.

Холодопостачання цих систем здійснюватиметься за рахунок води як холодоносія, для охолодження води буде використовуватися чиллера на холодоагенті R32 та холодоносії – 35 % розчин гліколю. А також, що розрахункова холодопродуктивність має бути меншою від потужності нашого обладнання.

Виходячи з попередніх розрахунків, при необхідній холодопродуктивності 556,65 кВт, прийнято рішення встановити 6 чиллерів

фірми Rhoss, виходячи з каталогу обираємо TCAETI 2100. Для нашої системи необхідно 6 таких чиллерів.



Producer: **Rhoss**
 Line: **EasyPACK ECO**
 Model: **TCAETI 2100**
 Cooling capacity [kW]: **101.00**
 Circuits quantity: **1**
 SEER: **4.63**
 Refrigerant: **R32**

Data

Capacity

Cooling capacity ¹	[kW]	101.00
EER ¹		3.26
Absorbed power (cooling mode) ¹	[kW]	30.98
SEER		4.63

Construction

Compressor type	Scroll
Compressor quantity	2
Capacity control	Step
Compressor step / range	3
Circuits quantity	1
Power supply	400V/3Ph/50Hz
Installation site	Inside, Outside

Performance according to EN 14511.

Seasonal coefficients according to EN 14825.

¹ Main heat exchanger: 12°C / 7°C, disposal heat exchanger: 35°C.

² Main heat exchanger: 40°C / 45°C, disposal heat exchanger: 7°C D.B. - 6°C W.B.

Acoustic data

Noise level		Standard
Acoustic pressure (10m)	[dB(A)]	54.0
Acoustic power ³	[dB(A)]	85.5

Weight and dimensions

Net weight ⁴	[kg]	875
Length	[mm]	3,250
Width	[mm]	1,210
Height	[mm]	1,800

³ Measured in accordance to UNI EN-ISO 9614.

⁴ Weight refers to the unit without load and not accessoried.



Due to frequent changes and updates, presented data is informative. Any modification or redistribution of this document is expressly prohibited without the written consent of Elektronika SA. For more information read [Terms of Use](#)

1 / 1

Рис. 14 – Характеристики чиллера

Температурний графік чиллера на рівні 7 – 12 °С.

						00. KMP 142.003.019. ПЗ	Архив
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			40

Підбираємо теплообмінник гліколь/вода, на холодозабезпечення кліматичних панель EFFI. Для підбору дізнаємось холодопродуктивність встановлених панель EFFI.

Загальна холодопродуктивність, яку ми можемо застосувати у кліматичних панелях дорівнює 75 кВт.

Звертаємося до виробника теплообмінників ТОВ «Інжиніринг Груп Лтд».



ТОВ «Інжиніринг Груп Лтд»

Україна, м. Київ, 02100
бульв. Верховної Ради, 7, оф. 315, т. (044) 361-96-35 (38)

Специфікація на теплообмінник

Замовник:
Об'єкт: Системи холодопостачання існуючих панелей EFFI.
Виконавець: Дата: 4.18.3 (9/1)
Версія: 4.18.3 (9/1)

Розбірний пластинчастий теплообмінник: **ІНЖ ТП-050-10.-35**

Призначення: Холодопостачання

Розрахункові дані: Тепла сторона Холодна сторона
Теплоносій: Вода Пропиленгліколь / Вода 35/65

Витрата масова:	[т/год]	5.96	---	[т/год]	14.40
Витрата об'ємна:	[м3/год]	21.506	---	[м3/год]	13.870
Температура на вході:	[°C]	19.00	---	[°C]	7.00
Температура на виході:	[°C]	16.00	---	[°C]	12.00

Фізичні характеристики:

Дин.в'язкість:	[спз]	1.011	1.085	6.553	5.230
Щільність:	[кг/м3]	997.6	998.5	1040	1038
Теплоємність:	[кДж/кгК]	4.192	4.194	3.741	3.756
Теплопровідність:	[Вт/мК]	0.623	0.621	0.410	0.415
Конд.ентальія:	---	---	---	---	---
Тиск пари:	---	---	---	---	---
Роб.тиск:	---	---	---	---	---

Характеристики апарата:

Теплова потужність:	[кВт]	75.00	
Повна теплопередача поверхня:	[м2]	3.04	
Середньологар. різниця температур:	[K]	7.96 / 7.96	
Коеф.теплопередачі необх./факт.:	[Вт/м2К]	3099 / 3592	
Фактор забруднення:	[м2К/Вт]	0.0000443	
Запас теплообмінної поверхні:	[%]	15.93	
Втрати тиску:	[кПа]	33.187	[кПа] 19.502
Кількість ходів:		1	1
Загальна кількість каналів:		35	
Тип каналів:		17*HL	

Конструкція апарата:

Об'єм:	[дм3]	3.051	3.051
Розрахунковий тиск:	[barg]	16	
Тиск гідровипробувань:		20.8	
Макс.роб.температура:	[°C]	150.00	
Матеріал:			
пластини	-	1.4404 (0.50 mm)	
ущільнення	-	EPDM HT	
рама	-	вуглецева сталь	
Приєднання:			
тепл.сторона		F1=>F4 під фланець DN 50	
хол.сторона		F3=>F2 під фланець DN 50	

Примітка:

Рис. 15 – Характеристики пластинчастого теплообмінника

Для працездатності цієї системи необхідно підібрати насоси які будуть здатні забезпечити необхідну об'ємну подачу.

Виходячи з характеристик теплообмінника для живлення кліматичних панелей прийнято рішення встановити об'ємною подачею 43 м³/год і опором 6 м. в ст., встановлюємо насос Yonos MAXO 40/0,5-12

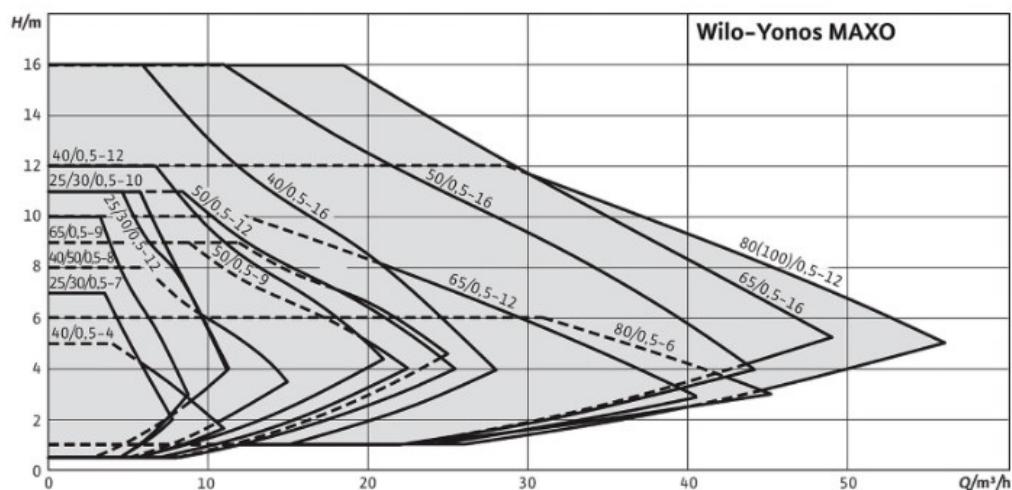


Рис. 16 -Характеристики насосів фірми Wilo

Гідрравлічні дані		Дані двигуна	
Максимальний робочий тиск ПН	10 бар	Індекс енергетичної ефективності (ЕЕІ) *	≤0,20
Висота подачі H_{max}	12,6 м	Підключення до мережі	1-230 В ±10%, 50/60 Гц
Подача Q_{max}	24,8 м ³ /год	Номинальний струм $I_{нб}$	0,17 А
Мінімальна висота притоку при 50 °С h	5 м	Номинальний струм I_{max}	2,4 А
Мінімальна висота притоку при 95 °С h	12 м	Номинальна потужність P_2	450 Вт
Мінімальна висота притоку при 110 °С	18 м	Мінімальне число обертів n_{min}	950 об/хв
Мінімальна температура середовища T_{min}	-20 °С	Максимальне число обертів n_{max}	4600 об/хв
Максимальна температура середовища T_{max}	110 °С	Споживана потужність (мін.) P_1	15 Вт
Мінімальна температура навколишнього середовища T_{min}	-20 °С	Споживана потужність P_{1max}	550 Вт
Макс. температура навколишнього середовища T_{max}	40°С	Випромінення перешкод	EN 61800-3;2004+A1;2012/житлові приміщення (C1)
		Стойкість до перешкод	EN 61800-3;2004+A1;2012/промислові приміщення (C2)
		Кабельне нарізне з'єднання	2 x M20x1.5
		Клас ізоляції	Ф
		Клас захисту	IPX4D

* Базовий показник для найефективніших циркуляційних насосів — індекс енергоефективності ≤ 0,20.

Рис. 17 – Технічні дані Yonos MAXO 80/0,5-12

Решту холодильної потужності вирішено застосувати у фанкойлах встановлених по периметру приміщення.

Для цього підбираємо каналний вентилятори до яких додатково будуть встановлені теплообмінники.

						00. КМР 142.003.019. ПЗ	Архив
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			42

У якості вентилятора приймаємо ВКП 800x500 ЛЗ ЕС фірми «Вентс»

	Одиниця виміру	ВКП 800x500 ЛЗ ЕС
Розмір повітропроводу, який приєднується	мм	800x500
Мінімальна напруга живлення	В	400
Максимальна напруга живлення	В	400
Частота мережі живлення	Гц	50/60
Номинальна потужність	Вт	2925
Максимальний струм	А	3.05
Максимальна витрата повітря	м ³ /год	8535
Рівень звукового тиску LpA на відстані 3 м	дБ(А)	63
Вага	кг	54.3
Максимальна температура повітря що переміщується	°С	50
Мінімальна температура повітря що переміщується	°С	-25
Клас захисту	-	IPX4
Клас захисту приводу	-	IP54
Матеріал крильчатки	-	Алюміній

Рис. 18 -Характеристики вентилятора

Для холодозабезпечення фанкойлів за аналогією холодозабезпечення кліматичних панелей приймаємо рішення встановити два окремих насоси на дві дзеркальні гілки холодозабезпечення фанкойлів. Маючи необхідну об'ємну подачу 43 м³/год та опором у 7,5 в.ст. з рис. 16 обираємо Yonos MAXO 80/0,5-12.

Гідрравлічні дані

Максимальний робочий тиск ПН	6 бар
Висота подачі H_{max}	13,6 м
Подача Q_{max}	63,3 м ³ /год
Мінімальна висота притоку при 50 °С t	7 м
Мінімальна висота притоку при 95 °С t	15 м
Мінімальна висота притоку при 110 °С	23 м
Мінімальна температура середовища T_{min}	-20 °С
Максимальна температура середовища T_{max}	110 °С
Мінімальна температура навколишнього середовища T_{min}	-20 °С
Макс. температура навколишнього середовища T_{max}	40°С

Дані двигуна

Індекс енергетичної ефективності (ЕЕІ) *	≤0,20
Підключення до мережі	1-230 В ±10%, 50/60 Гц
Номинальний струм $I_{xв}$	0,3 А
Номинальний струм I_{max}	6,8 А
Номинальна потужність P2 P2	1300 Вт
Мінімальне число обертів n_{min}	900 об/хв
Максимальне число обертів n_{max}	3300 об/хв
Споживана потужність (мін.) $P_{1xв}$	40 Вт
Споживана потужність P_{1max}	1550 Вт
Випромінення перешкод	EN 61800-3;2004+A1;2012/житлові приміщення (C1)
Стойкість до перешкод	EN 61800-3;2004+A1;2012/промислові приміщення (C2)
Кабельне нарізне з'єднання	2 x M20x1,5
Клас ізоляції	Ф
Клас захисту	IPX4D

* Базовий показник для найефективніших циркуляційних насосів — індекс енергоефективності ≤ 0,20.

Рис. 19 – Технічні дані Yonos MAXO 80/0,5-12

6.2.2. Кондиціонування лабораторії

Виходячи з розрахунків кількості теплопритоків у приміщенні лабораторії, клімт-контроль приміщення лабораторії здійснюється з

					00. КМР 142.003.019. ПЗ	Архив
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		43

допомогою окремого кондиціонера. Для цієї задачі обираємо обладнання фірми Cooper&Hunter.

Виходячи з попередніх розрахунків необхідна холодопродуктивність для приміщення лабораторії 1,5 кВт, обираємо модель CH-IC050RK2

Основні характеристики:

Тип фреону (холодоагент)	R32
Споживана потужність, кВт	Холод: 1,55 / Тепло: 1,45
Сезонний коефіцієнт продуктивності SEER (охолодження)	6.1 (A++)
Сезонний коефіцієнт продуктивності SCOP (обігрів)	4,00 (A+)
Рівень шуму зовнішнього блоку Дб	53
Рівень шуму внутрішнього блоку Дб - min/max	43/42/39/36
Розміри зовнішнього блоку, мм	952x378x596
Розміри внутрішнього блоку, мм	570x570x265 (панель - 620x60x620)
Розмір приміщення, м ²	50
Продуктивність охолодження, кВт	5,00
Продуктивність обігріву, кВт	5,50
Повітряпродуктивність, м ³ /год	950
Напруга, В/Гц/Ф	~ 220-240В/50Гц/1Ф
Енергоефективність у режимі охолодження (EER)	3,23
Енергоефективність в режимі нагрівання (COP)	3,79

Рис. 18 -Технічні характеристики кондиціонера CH-IC050RK2

6.2.3. Кондиціонування компресорної

Виходячи з розрахунків кількості теплопритоків у приміщенні лабораторії, клімт-контроль приміщення лабораторії здійснюється з допомогою окремого кондиціонера. Для цієї задачі обираємо обладнання фірми Cooper&Hunter.

Для холодозабезпечення приміщення компресорної необхідно 40,14 кВт.

Користуючись каталогом обладнання, обираємо встановити 3 моделі Vertiv Liebert HPSE+HPSC 14.

Характеристики

Гарантія	12 міс.
Країна виробник	Італія
Номинальний потік повітря	2750 м3/год
Рекомендована площа, м ²	до 140 м ²
Вага внутрішнього блоку	58 кг
Вага зовнішнього блоку	111 кг
Колір	Білий
Напруга	400 В
Рівень шуму внутрішнього блоку	63 дБ(А)
Рівень шуму зовнішнього блоку	56 дБ(А)
Тип внутрішнього блоку	Касетні
Тип компресора	Інверторний
Холодопродуктивність	14,6 кВт
Частота	50 Гц
Кількість фаз	3
Ширина внутрішнього блоку, мм	900
Висота внутрішнього блоку, мм	375
Глибина внутрішнього блоку, мм	900
Тип фреону	R407C
Ширина зовнішнього блоку, мм	920
Висота зовнішнього блоку, мм	1190
Глибина зовнішнього блоку, мм	390

Рис. 19 - Характеристики кондиціонера Vertiv Liebert HPSE+HPSC 14

7. Техніко-економічні показники

Мета економічного розрахунку полягає у визначенні вартостіоптимізації, вартості обладнання, витрат на використання енергії, витрат по оплаті праці виробничого персоналу, визначення амортизаційних відрахувань, визначення основних показників ефективності проекту.

При проектуванні системи виконуються наступні роботи:

- вибір та придбання обладнання;
- будівництво вентиляції;
- будівництво кондиціонування;

					00. КМР 142.003.019. ПЗ	Аркуш
						46
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

7.1. Специфікація обладнання

У Таблиця -замовна специфікація на холодильне обладнання.

Таблиця 1-Замовна специфікація

Позиція	Найменування та технічна характеристика	Тип, марка, позначення документа, опитувального листа	Одиниця	Кількість	Ціна без ПДВ	Сума без ПДВ
34-1.1 - 34-1.12, 34-2.1 - 34-2.12	ВКП 800x500 L3 EC	"Вентс" (Україна)	шт	24	660,00	15 840,00
K1	CH-IC050RK2 / CH-IU050RK2 + TF05	Cooper&Hunter	шт	1	65 832,50	65 832,50
K2-K4	Liebert HPSE-14/HPSC-14	Vertiv	шт	3	56 862,50	170 587,50
ПВ1	ВУТ 550 ПБЕ ЕС А21	"Вентс" (Україна)	шт	1	540,00	540,00
B2	OK 2E 200	"Вентс" (Україна)	шт	1	350,00	350,00
	ТСАЕТІ 2100 ASP1	"RHOSS"	шт	6	1 095 223,33	6 571 340,00
Всього без ПДВ(грн)					6 824 490,00	
ПДВ(грн)					1 364 898,00	
Всього з ПДВ(грн)					8 189 388,00	

00. КМР 142.003.019. ПЗ

7.2. Витрата на оплату електроенергії

Річне споживання електроенергії дорівнює

$$W = \sum N_e \cdot K_c \cdot n, \text{кВт} \cdot \text{год}$$

де N_e -номінальна потужність двигуна, K_c -коефіцієнт використання, n - час роботи.

Перелік приладів , які потребують електроенергії та їхні споживання наведені у табл. .

У 2025 році в Україні 250 робочих днів, на підприємстві 8 – годинна робча змінна, приймаємо що холодильне обладнання буде працювати 9 годин у теплу половину року, а вентиляційне – 10 годину протягом всього року.

Табл. 2-Витрати електроенергії

№	Назва обладнання	Номінальна потужність, кВт	Час роботи, год/рік	Кіл-сть	Спожита електроенергія,кВт/р
1	ВКП 800x500 L3 ЕС	2,16	1125	24	58 320
2	СН- IC050RK2	1,6	1125	1	1 800
3	Liebert HPSE-14	5,3	1125	3	17 887
4	ВУТ 550 ПБЕ	0,3	2500	1	750
5	ОК 2Е 200	0,055	2500	1	138
6	ТСАЕТІ 2100	29,9	1125	6	201 825
				Разом	280 720

Тариф для підприємств за електроенергією складає 12,50 грн/кВт год,
витрати на оплату електроенергії

$$280\,720 \cdot 12,50 = 3\,509\,000 \text{ грн/р}$$

7.3. Витрата на монтаж та заробітну плату

Заробітня платня включає в себе оплату монтажних та будівельних робіт. Ці витрати встановлюємо на рівні 10 % від ціни обладнання.

$$8\,189\,388 \cdot 0,1 = 818\,938,8 \text{ грн}$$

Обслуговування обладнання не вимагає окремих спеціалістів на підприємстві, тому у вартість обслуговування входить тільки ТО та заміна масла. Встановлюємо ці витрати на рівні 15 000 грн на місяць.

7.4 Амортизація обладнання

Амортизаційні відрахування на обладнання складають 22%

$$8\,189\,388 \cdot 0,22 = 1\,801\,665,36 \text{ грн}$$

7.5 Розрахунок вартості одиниці холодопродуктивності

Розрахунок питомих експлуатаційних витрат на виробництво одиниці холодопродуктивності є ключовим етапом економічного обґрунтування проекту та безпосередньо відображає його енергоефективність у довгостроковій перспективі.

Сумарна кількість холоду дорівнює:

$$Q_{\text{заг}} = Q_{\text{чил}} + Q_{\text{лаб}} + Q_{\text{ком}}, \text{ де}$$

$Q_{\text{чил}}$ – холодопродуктивність чиллерів;

$Q_{\text{лаб}}$ – холодопродуктивність обладнання встановленого в лабораторії;

$Q_{\text{ком}}$ – холодопродуктивність обладнання встановленого в компресорній.

$$Q_{\text{заг}} = Q_{\text{чил}} + Q_{\text{лаб}} + Q_{\text{ком}} = 571,3 + 1,5 + 40,14 = 613,44 \text{ кВт.}$$

					00. КМР 142.003.019. ПЗ	Архив
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		49

Номінальна споживан потужність холодильного обладнання на годину дорівнює 249 кВт. Відповідно вартість цієї електричної потужності дорівнює 3113 грн.

Тоді розрахункова вартість одиниці холодопродуктивності дорівнює:

$$A = 3113/613,44 = 5,07 \text{ грн/кВт.}$$

Розрахована собівартість 1 кВт холодопродуктивності для обраної системи становить 5,07 грн. Отримане значення відповідає типовим показникам сучасних холодильних та кондиціонерних установок і свідчить про достатній рівень енергоефективності. Це підтверджує раціональність вибраного технічного рішення та його конкурентоспроможність.

					00. КМР 142.003.019. ПЗ	Аркуш
						50
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

8. Охорона праці

8.1. Сучасний стан охорони праці в Україні та за кордоном

Статистичні дані щодо виробничого травматизму свідчать, що проблема формування безпечних умов праці в Україні залишається актуальною протягом багатьох років. Ще 15–20 років тому на підприємствах щороку гинуло майже 4 тисячі працівників — приблизно у 1,6 раза більше, ніж сьогодні. Закритість інформації та відсутність належного контролю у минулі десятиліття формували атмосферу байдужості, що негативно впливало на прийняття рішень у сфері безпеки. Внаслідок цього рівень виробничих ризиків залишається в Україні у 5–8 разів вищим, ніж у більшості країн Європейського Союзу.

Проблема травматизму залишається надзвичайно гострою: щороку на виробництві травмуються близько 5 мільйонів людей, з яких приблизно 1,5 тисячі — смертельно, а понад 3,5 тисячі працівників отримують професійні захворювання. Через втрату працездатності щороку втрачається 2,5–3 мільйони робочих днів, а середня тривалість непрацездатності після одного нещасного випадку становить близько 25 днів. При цьому реальний стан справ може бути ще гіршим, адже зменшення обсягів виробництва знижує абсолютні показники, але не усуває системних проблем.

Сфера охорони праці має не лише соціальне, а й суттєве економічне значення. Вона безпосередньо впливає на продуктивність праці, витрати на медичні відпустки, компенсації та пільги за роботу у шкідливих умовах. За оцінками німецьких експертів, витрати на ліквідацію наслідків аварій у 10 разів перевищують вартість заходів, спрямованих на їх попередження. Для України цей розрив ще більший, оскільки на профілактику витрачається недостатньо коштів.

					00. КМР 142.003.019. ПЗ	Аркуш
						51
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

За підрахунками Міжнародної організації праці, світові економічні збитки від виробничих аварій становлять близько 1 % глобального ВВП. Щороку у світі реєструється до 12,5 мільйона нещасних випадків, а рівень травматизму в країнах, що розвиваються, значно перевищує показники розвинених держав. У Європейському Союзі щороку травмується близько 1 мільйона працівників, з яких приблизно 8 тисяч помирають. В Україні щодня 140–180 осіб зазнають виробничих травм, із них близько 20 стають інвалідами та 4–5 гинуть.

У середньому у світі на кожні 100 000 працівників припадає 6 смертельних випадків на виробництві, тоді як в Україні цей показник удвічі вищий. Частота травматизму значно відрізняється залежно від галузі. Найбільш небезпечною традиційно залишається вугільна промисловість: на кожні 100 млн тонн видобутого вугілля в Україні гине в середньому 5 шахтарів. Для порівняння: у США цей показник удвічі нижчий, а в деяких європейських країнах — у десятки разів кращий.

Міжнародні експерти МОП, досліджуючи ситуацію в Україні, виділяють декілька ключових причин високої аварійності:

- недостатній рівень управління безпекою на робочих місцях та недотримання існуючих норм;
- слабе забезпечення працівників засобами індивідуального захисту;
- повільне впровадження сучасних систем колективного захисту;
- иморальне та технічне старіння виробничого обладнання (у деяких галузях зношеність сягає 80%);

низький рівень культури безпеки та відсутність системного навчання персоналу.

Таким чином, питання охорони праці в Україні є комплексним і потребує не лише модернізації технічних засобів, а й удосконалення системи управління, підвищення відповідальності роботодавців та формування належної культури безпеки серед працівників.

					00. КМР 142.003.019. ПЗ	Архив
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		52

8.2 Основні терміни та визначення в галузі охорони праці.

Охорона праці, як і будь-яка інша наукова дисципліна, має власний понятійний апарат. Основні визначення у цій сфері закріплені в державних стандартах, зокрема у ДСТУ 2293-93 «Охорона праці. Терміни та визначення», ДСТУ 3038-95 «Гігієна. Терміни та визначення основних понять», а також у низці інших нормативних документів. Вони встановлюють базові терміни, які застосовуються при організації безпечної праці на підприємствах.

Основні поняття у сфері охорони праці:

Охорона праці — це комплекс правових, організаційно-технічних, соціально-економічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів, спрямованих на забезпечення збереження здоров'я працівника та підтримання його працездатності в процесі трудової діяльності.

Безпека праці — стан виробничих умов, за якого на працівника не впливають небезпечні чи шкідливі фактори.

Умови праці — сукупність особливостей трудового процесу та чинників виробничого середовища, які прямо або опосередковано впливають на здоров'я працівника та ефективність його роботи.

Правила безпеки — організаційні та технічні вимоги, що забезпечують запобігання впливу на працівників небезпечних виробничих факторів.

Безпека виробничого процесу — властивість технологічного процесу відповідати вимогам нормативних документів щодо безпеки праці в установлених умовах експлуатації.

Тяжкість праці — характеристика роботи, яка визначає рівень фізичних навантажень на організм та відображає ступінь м'язової активності.

Напруженість праці — показник, що характеризує навантаження на нервову систему та інтелектуальну діяльність працівника.

					00. КМР 142.003.019. ПЗ	Архив
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		53

Професійні захворювання — стан здоров'я, що виникає внаслідок тривалого впливу виробничих факторів або надмірного фізіологічного чи психологічного напруження.

Виробнича санітарія — комплекс заходів та технічних рішень, спрямованих на усунення або зниження дії шкідливих факторів виробництва.

Гігієна праці — сукупність профілактичних заходів, які забезпечують збереження здоров'я працівника шляхом контролю умов праці та впливів виробничого середовища.

Санітарно-захисна зона — спеціально визначена територія між промисловим об'єктом і зонами житлової забудови, що призначена для зменшення шкідливого впливу виробництва на населення.

Професійний відбір — система заходів, спрямованих на визначення відповідності працівника певному виду діяльності за рівнем знань, станом здоров'я та психофізіологічними характеристиками.

Здорові умови життя — сукупність умов праці, побуту та навколишнього середовища, що сприяють зміцненню та збереженню здоров'я.

Санітарна характеристика умов праці — оцінка виробничого середовища та трудового процесу на відповідність діючим гігієнічним нормам.

Гігієнічний норматив — встановлений рівень допустимого впливу фізичних, хімічних та біологічних чинників на людину.

Засоби індивідуального захисту — оснащення, яке зменшує або повністю усуває вплив небезпечних і шкідливих виробничих факторів на працівника.

Нещасний випадок — подія, що сталася під час виконання працівником службових обов'язків та призвела до травми або іншого раптового погіршення здоров'я.

					00. КМР 142.003.019. ПЗ	Аркуш
						54
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Машина — технічний засіб або комплекс засобів, який використовується людиною в процесі виконання трудових завдань.

Оператор — працівник, що виконує виробничі операції шляхом взаємодії з технічними системами, предметами праці та інформаційними моделями.

Шкідливий виробничий фактор — чинник, який за певних умов здатний викликати погіршення самопочуття або розвиток захворювань.

Небезпечний виробничий фактор — фактор, вплив якого може призвести до травмування або раптової втрати працездатності.

8.3. Класифікація шкідливих та небезпечних виробничих чинників

Зміни, що відбуваються у способі життя та трудовій діяльності сільського населення, супроводжуються комплексною дією різноманітних виробничих факторів. Через багатогранність та неоднорідність навантажень на організм працівника останніми роками в Україні суттєво зріс рівень професійної захворюваності: кількість зафіксованих випадків збільшилася від 1,5 до 10 випадків на 10 000 працюючих, а загальна кількість потерпілих — майже удвічі.

Значна частина працівників аграрної галузі працює в умовах, що відхиляються від встановлених норм. Так, до 30% людей зазнають впливу підвищеного шумового фону, близько 20% працюють в умовах вібрації, до 17% — у середовищі з підвищеною запиленістю, приблизно 13% — у загазованих приміщеннях. Приблизно кожен десятий аграрій виконує роботу при температурних режимах, що перевищують допустимі значення. Навіть сучасні трактори та самохідна техніка не забезпечують достатнього захисту: робоча зона залишається насиченою пилом, продуктами згоряння пального, частинками пестицидів і добрив.

					00. КМР 142.003.019. ПЗ	Архив
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		55

У тваринницьких приміщеннях ситуація також складна: рівень шуму перевищує норму на 3–10 дБ, швидкість руху повітря — у 1,2–1,6 разів, а концентрація аміаку — у 5 разів. Запиленість повітря перевищує нормативи у 3–10 разів, концентрація антибіотиків може бути у 5–7 разів вищою за допустиму, а кількість мікроорганізмів у повітрі коливається від 2 до 100 млн на 1 м³.

Професійні захворювання, що виникають під дією цих факторів, умовно поділяють на п'ять груп:

Хвороби, зумовлені впливом фізичних факторів, таких як несприятливий мікроклімат, шум, вібрація, перегрівання чи переохолодження.

Захворювання, викликані хімічними речовинами та органічним пилом.

Патології, що виникають під впливом біологічних факторів (мікроорганізми, продукти життєдіяльності тварин тощо).

Хвороби, спричинені психофізіологічними навантаженнями, зокрема надмірними фізичними зусиллями, монотонністю роботи, тривалим перебуванням у вимушеній позі.

Ураження шкіри як алергічного, так і неалергічного характеру.

Фізичні виробничі фактори

До фізичних факторів, які можуть створювати небезпеку для працівника, належать:

рухомі машини, механізми та їхні незахищені елементи;

пересувні матеріали й заготовки;

запиленість та загазованість робочого простору;

висока чи низька температура повітря та поверхонь обладнання;

інтенсивний шум, вібрація, ультра- та інфразвукові коливання;

некомфортний барометричний тиск;

зміни вологості, швидкості руху повітря, рівня його іонізації;

іонізуючі випромінювання;

небезпечна електрична напруга та статична електрика;

					00. КМР 142.003.019. ПЗ	Архив
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		56

електромагнітні випромінювання й підвищена напруженість електричних і магнітних полів;

недостатнє або нераціональне освітлення;

надмірна яскравість, низька контрастність та ефект блиску;

інтенсивне інфрачервоне чи ультрафіолетове випромінювання.

№ п/п	Найменування шкідливостей	ГДК мг/м ³	№ п/п	Найменування шкідливостей	ГДК мг/м ³
	ГАЗ І ПАРА			Пил	
1	Оксиди азоту (NO ₂ , NO)	2,0	1	Зерновий	4,0
2	Акролеїн	0,2	2	Вапняковий	6,0
3	Амілацетат	100,0	3	Борошняний	6,0
4	Аміак	20,0	4	Крохмальний	6,0
5	Сірчаний ангідрид	1,0	5	Цукровий	10,0
6	Бензин і керосин (в перерахунку на С)	300,0	6	Рослинний з домішкою двооксиду кремнію, %: - більше 10 % (зерновий) - від 2,0 до 10,0 % - менше 2 %	2,0 4,0 6,0
7	Ацетон	200,0			
8	Бензол	5,0			
9	Двооксид хлору	0,1			
10	Дихлоретан	10,0	7	Вугільний: - коксовий і сланцевий - із вмістом двооксиду кремнію менше 2%	6,0 10,0
11	Ксилол	50,0			
12	Скипидар (в перерахунку на С)	300,0			
14	Оцтова кислота	5,0	ГДК газів, пари, пилу і рівня забруднення повітря визначаються в гравіметричних показниках (мг/м³), тобто за складом ваги шкідливої речовини в 1 м³ повітря. Робочою зоною є простір висотою до 2,0 м над рівнем ґрунту або площадки, на якій розміщені місця постійного або тимчасового перебування працюючих. Під постійним розуміють місце, на якому працюючий знаходиться більшу частину (понад 50% або більше 2,0 год. безперервно) свого робочого часу.		
15	Металева ртуть	0,01			
16	Сірководень	10,0			
17	Кальцинована сода	2,0			
18	Сірчана кислота	1,0			
19	Метиловий спирт (метанол)	5,0			
20	Етиловий спирт	1000			
21	Толуол	50,0			
22	Уайт-спірит (в перерах. на С)	300,0			
23	Окис вуглецю	20,0			
24	Двооксид вуглецю	9000			

Хімічні речовини класифікують за:

а) характером впливу на організм:

загальнотоксичні (впливають на ЦНС, кров і кровотворні органи: сірководень, бензол, оксид вуглецю тощо);

подрозднювальні (аміак, кислоти, луги, оксиди азоту);

сенсифілізуючі, що призводять до підвищеної реактивності організму (ртуть, альдегіди, ароматичні нітросполуки та ін.);

мутагенні (сполуки свинцю, ртуті, оксид етилену).

б) шляхами проникнення в організм:

через органи дихання;

через шлунково-кишковий тракт;

через шкіру та слизові оболонки.

Накопичення токсичних речовин у робочій зоні може спричинити гострі чи хронічні отруєння, особливо коли концентрації перевищують гранично допустимі концентрації (ГДК). Показник ГДК встановлює рівень шкідливих речовин, який не викликає негативних змін у працівника за весь період його трудової діяльності.

Взаємодія факторів

На практиці працівник зазвичай зазнає не впливу окремого фактора, а сукупності шкідливих умов, які можуть підсилювати або послаблювати дію один одного. Тому гігієнічна організація праці має бути спрямована на повне усунення небезпечних впливів або, принаймні, на їх зменшення до безпечного рівня.

8.4. Організація роботи служби охорони праці

Робота служби охорони праці підприємства здійснюється відповідно до затвердженого роботодавцем плану роботи та графіку наукових досліджень. Служба охорони праці взаємодіє з усіма структурними підрозділами, службами й фахівцями підприємства, а також із представниками профспілок або, за їх відсутності, — з уповноваженими працівниками з питань охорони праці.

Громадський контроль за станом охорони праці

Для забезпечення громадського контролю за дотриманням законодавства про охорону праці на підприємстві обираються уповноважені

					00. КМР 142.003.019. ПЗ	Архив
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		58

трудового колективу. Їхня діяльність регламентується Типовими правилами та положеннями, затвердженими на загальних зборах колективу. Уповноважений обирається простою більшістю голосів.

Уповноваженою особою не може бути працівник, який за посадовими обов'язками відповідає за організацію безпечних умов праці (наприклад, бригадир, начальник дільниці).

Комітет з охорони праці забезпечує умови для здійснення працівниками контролю за дотриманням норм охорони праці та усунення порушень. У разі травмування працівника, який не є членом профспілки, він також має право брати участь у роботі комісії з розслідування нещасних випадків і професійних захворювань.

Підготовка та навчання уповноважених

Для якісного виконання своїх обов'язків уповноважені працівники проходять навчання з охорони праці. Організацію й фінансування навчання забезпечує роботодавець у строки, передбачені колективним договором.

Кількість уповноважених осіб визначається загальними зборами трудового колективу кожного виробничого підрозділу. Їхні функції можуть також виконувати представники профспілки або громадські інспектори з охорони праці профспілок.

Права уповноважених з охорони праці

Уповноважена особа має право:

вимагати від майстра зупинення робіт, якщо виникла реальна загроза життю чи здоров'ю працівника;

брати участь у встановленні фактів відмови працівників від виконання роботи з причин небезпеки;

ініціювати притягнення до відповідальності працівників, які порушують вимоги охорони праці;

звертатися до органів державного нагляду у разі недостатності превентивних заходів, ужитих роботодавцем.

					00. КМР 142.003.019. ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		59

Таким чином, система громадського контролю є важливим елементом управління охороною праці та сприяє створенню безпечних і здорових умов праці на підприємстві.

8.5. Комісія з питань охорони праці підприємства.

На підприємстві, з метою забезпечення пропорційної участі працівників у вирішенні питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища, за рішенням трудового колективу може створюватися Комісія з питань охорони праці. Її діяльність регламентується статтею 16 Закону України «Про охорону праці». Створення комісії є доцільним на підприємствах, установах і організаціях з чисельністю 50 і більше працівників, незалежно від форми власності та виду господарської діяльності.

Комісія є постійно діючим консультативно-дорадчим органом роботодавця та трудового колективу. Її метою є залучення представників власника, профспілок і працівників до співпраці у сфері управління охороною праці, а також узгодження рішень щодо питань, які виникають у цій галузі.

Склад та формування комісії

Комісія формується на принципах рівного представництва сторін. До її складу входять:

представники роботодавця;

представники профспілки;

уповноважені найманими працівниками особи;

фахівці з безпеки та гігієни праці, виробничих, юридичних та інших служб підприємства.

Рішення про створення комісії, її чисельність, персональний склад і строк повноважень ухвалюються загальними зборами трудового колективу за поданням роботодавця, профспілкового комітету або органу самоврядування

					00. КМР 142.003.019. ПЗ	Аркуш
						60
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

трудового колективу. Загальні збори також затверджують Положення про комісію, розроблене на основі Типового положення.

Нормативна основа діяльності

У своїй роботі комісія керується:

законодавством про охорону праці;

міжгалузевими та галузевими нормативними документами;

Положенням про комісію з питань охорони праці підприємства.

Основні завдання комісії

Комісія покликана виконувати такі функції:

захищати законні права та інтереси працівників у сфері охорони праці;

готувати рекомендації щодо профілактики травматизму і професійних захворювань на основі аналізу стану умов і безпеки праці;

забезпечувати узгодження позицій сторін у сфері охорони праці, попереджувати конфліктні ситуації;

формувати пропозиції щодо включення питань охорони праці до колективного договору та ефективного використання коштів фонду охорони праці підприємства.

Права комісії

Комісія має право:

звертатися до роботодавця, профспілкового комітету або органу самоврядування трудового колективу з пропозиціями щодо регулювання питань охорони праці;

створювати робочі групи для розроблення узгоджених рішень із залученням експертів і фахівців;

отримувати необхідну інформацію від служб і працівників підприємства;

визначати ступінь вини потерпілого та винуватця у разі нещасного випадку під час вирішення питання про розмір одноразової допомоги;

здійснювати контроль безпосередньо на робочих місцях за дотриманням вимог охорони праці, забезпеченням працівників засобами колективного та

					00. КМР 142.003.019. ПЗ	Архив
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		61

індивідуального захисту, санітарно-побутовими умовами і лікувально-профілактичними засобами;

ознайомлюватися з усіма матеріалами щодо охорони праці та аналізувати стан безпеки на підприємстві;

здійснювати вільний доступ на виробничі ділянки і вести обговорення з працівниками.

Комісія може делегувати своїх представників для участі:

у розв'язанні конфліктів, пов'язаних з відмовою працівника виконувати небезпечну роботу, разом із представниками державного нагляду за охороною праці;

в обговоренні питань охорони праці з роботодавцем, профспілковим комітетом або органом трудового колективу.

Організація роботи та відповідальність

Члени комісії працюють, як правило, на громадських засадах. У разі участі в перевірках або навчанні вони можуть бути звільнені від основної роботи на визначений у колективному договорі строк зі збереженням середнього заробітку.

Комісія працює відповідно до затверджених планів на квартал, півріччя або рік. Рішення оформлюються протоколами та мають рекомендаційний характер. Роботодавець у разі незгоди з рекомендаціями комісії зобов'язаний надати аргументовану письмову відповідь.

Не менше одного разу на рік комісія звітує про результати своєї діяльності на загальних зборах трудового колективу.

					00. КМР 142.003.019. ПЗ	Аркуш
						62
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаної літератури

- 1) ДСанПіН 3.3.6.042-99. Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів. – К.: МОЗ України, 1999. – 60 с.
- 2) ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. – К.: Мінрегіон України, 2013. – 145 с.
- 3) Метод. рекомендації: до проведення практ. занять для здобувачів освітнього ступ. «Бакалавр» спец. 142 “Енергетичне машинобудування”, освітньо-професійної програми «Холодильні техніка та технології» ден. та заоч. форм навч. / Уклад.: О.Ю. Пилипенко, А.П. Францішко. – К.: НУХТ, 2021. – 58 с.
- 4) Основи проектування промислових будівель: Навч. посіб. - Гетун Г.В, Кондор К, 2009. - 210 с.
- 5) ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель – Міністерство розвитку громад та територій України, 2022. – 23с.
- 6) <https://blog.ntkzavod.com.ua/ua/stati/nesuschaya-sposobnost-sendvich-panelej-normy-i-pravila-rascheta/>
- 7) <https://lic.com.ua/calc8.htm>

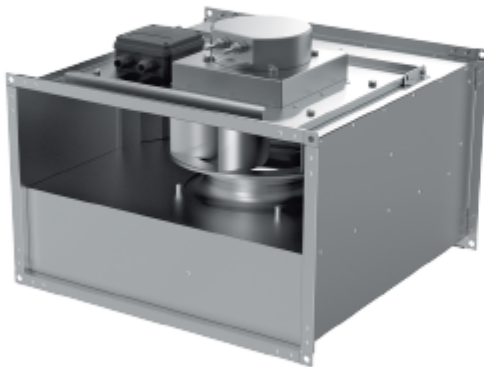
					00. КМР 142.003.019. ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		63



vents.ua

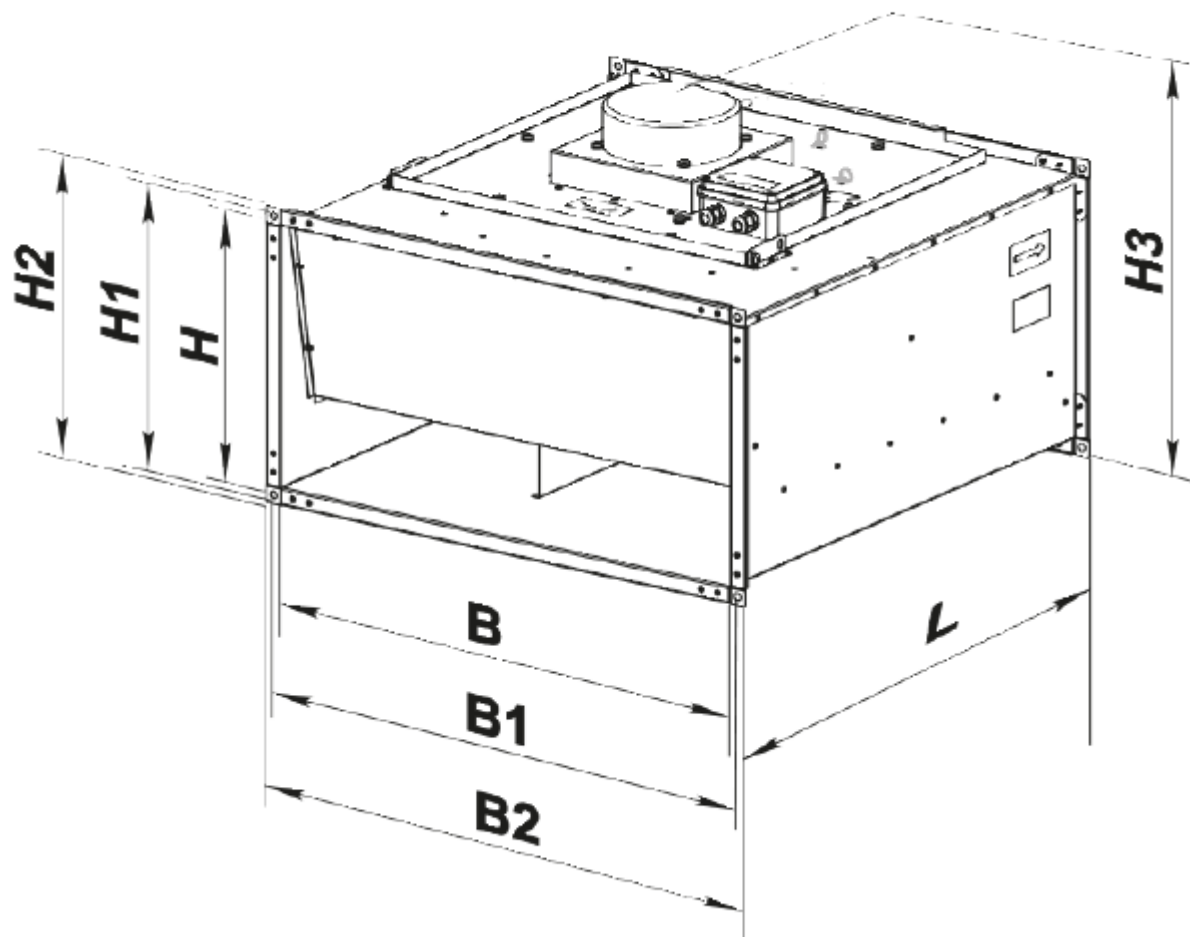
ВКП 800x500 ЛЗ ЕС

Канальні відцентрові вентилятори з назад загнутими лопатками з ЕС-двигунами



- Рівень звукового тиску LpA на відстані 3 м: 63
- Тип двигуна: ЕС
- Тип крильчатки: Відцентрова крильчатка з назад загнутими лопатками
- Матеріал корпусу: Оцинкована сталь
- Встановлення в довільній позиції

	Одиниця виміру	ВКП 800x500 ЛЗ ЕС
Розмір повітропроводу, який приєднується	мм	800x500
Швидкість	-	1
Мінімальна напруга живлення	В	400
Максимальна напруга живлення	В	400
Частота мережі живлення	Гц	50/60
Номінальна потужність	Вт	2925
Максимальний струм	А	3.05
Максимальна витрата повітря	м ³ /год	8535
Рівень звукового тиску LpA на відстані 3 м	дБ(А)	63
Вага	кг	54.3
Максимальна температура повітря що переміщується	°С	50
Мінімальна температура повітря що переміщується	°С	-25
Клас захисту	-	IPX4
Клас захисту приводу	-	IP54
Матеріал крильчатки	-	Алюміній



Розміри

B	B1	B2	H	H1	H2	H3	L
800	820	840	500	520	540	670	850



ТОВ «Інжиніринг Груп Лтд»

Україна, м. Київ, 02100
бульв. Верховної Ради, 7, оф. 315, т. (044) 361-96-35 (38)

Специфікація на теплообмінник

Замовник:

Об'єкт: Цех 34. Системи холодопостачання існуючих панелей EFFI.

Виконавець: Кульчевич

Дата: 19.03.2025
Версія: 4.18.3 (9/1)

Розбірний пластинчастий теплообмінник: ІНЖ ТП-050-10.-35

Призначення: Холодопостачання

Розрахункові дані:	Тепла сторона		Холодна сторона		
Теплоносій:	Вода		Пропиленгликоль / Вода 35/65		
Витрата масова:	[т/год]	5.96	---	[т/год]	14.40
Витрата об'ємна:	[м3/год]	21.506	---	[м3/год]	13.870
Температура на вході:	[°C]	19.00	---	[°C]	7.00
Температура на виході:	[°C]	16.00	---	[°C]	12.00

Фізичні характеристики:

Дин.в'язкість:	[сПа]	1.011	1.085	6.553	5.230
Щільність:	[кг/м3]	997.6	998.5	1040	1038
Теплоємність:	[кДж/кгК]	4.192	4.194	3.741	3.756
Теплопровідність:	[Вт/мК]	0.623	0.621	0.410	0.415
Конд.ентальпія:	---	---	---	---	---
Тиск пари:	---	---	---	---	---
Роб.тиск:	---	---	---	---	---

Характеристики апарата:

Теплова потужність:	[кВт]	75.00		
Повна теплопередаюча поверхня:	[м2]	3.04		
Середньологар. різниця температур:	[К]	7.96 / 7.96		
Коеф.теплопередачі необх./факт.:	[Вт/м2К]	3099 / 3592		
Фактор забруднення:	[м2К/Вт]	0.0000443		
Запас теплообмінної поверхні:	[%]	15.93		
Втрати тиску:	[кПа]	33.187	[кПа]	19.502
Кількість ходів:		1		1
Загальна кількість каналів:		35		
Тип каналів:		17*HL		

Конструкція апарата:

Об'єм:	[дм3]	3.051	3.051
Розрахунковий тиск:	[barg]	16	
Тиск гідровипробувань:		20,8	
Макс.роб.температура:	[°C]	150.00	
Матеріал:		пластини - 1.4404 (0.50 mm)	
		ущільнення - EPDM HT	
		рама - вуглецева сталь	
Приєднання:	тепл.сторона	F1=>F4 під фланець DN 50	
	хол.сторона	F3=>F2 під фланець DN 50	

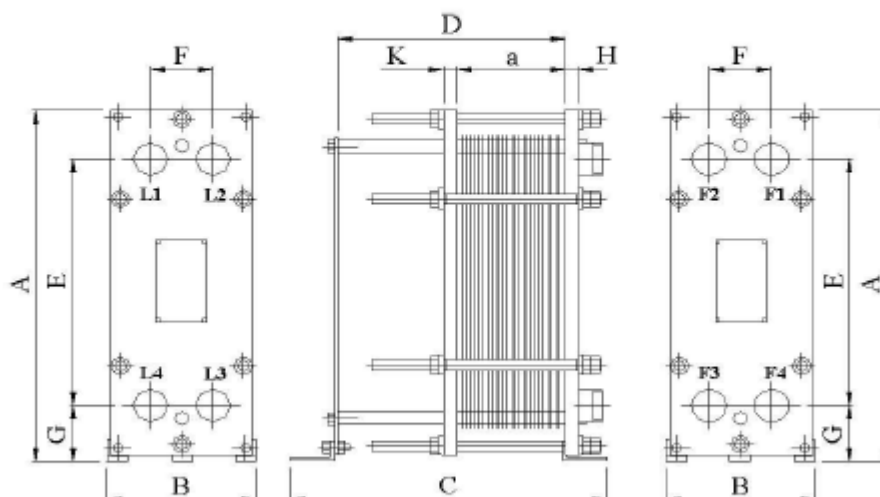
Примітка:

--



ТОВ «Інжиніринг Груп Лтд»

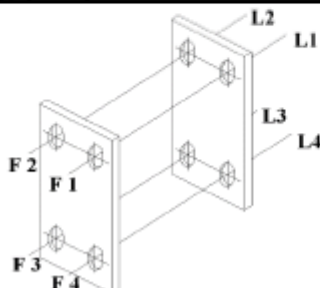
Об'єкт:	Цех 34. Системи холодопостачання існуючих панелей EFFI.
Габаритні розміри та схема приєднання теплообмінника	ІНЖ ТП-050-10. 35 пласт.



1	A	Загальна висота	733	мм.
2	B	Загальна ширина	310	мм.
3	C	Загальна довжина	695	мм.
4	D	Довжина направляючої	495	мм.
5	E	Вертикальна відстань між патрубками	494	мм.
6	F	Горизонтальна відстань між патрубками	126	мм.
7	G	Відстань від рівня підлоги до нижнього патрубка	128	мм.
8	H	Товщина нерухомої плити	25	мм.
9	K	Товщина рухомої плити	25	мм.
10	a	Загальна довжина пакета пластин	101,5	мм.

Одноступеневий теплообмінник

Поз	Ду	Тип приєднання	Теплоносій		
			Температура	Температура	Температура
F1	50	Фланцеве	Вхід води	19,00	°C
F2	50	Фланцеве	Вихід пропіленгліколя 35%	12,00	°C
F3	50	Фланцеве	Вхід пропіленгліколя 35%	7,00	°C
F4	50	Фланцеве	Вихід води	16,00	°C
L1					°C
L2					°C
L3					°C
L4					°C



Теплообмінник пластинчатий розбірний ІНЖ ТП-050-10.

призначений для здійснювання теплообміну між рідинами та між рідиною та паром, в системах гарячого водозабезпечення, опалення, та в інших цілях.

Вага теплообмінника 145 кг

