

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

Інститут Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад. І.С.Гулого
Кафедра теплоенергетики та холодильної техніки

«До захисту в ЕК»

Директор інституту

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

« ____ » _____ 2025 р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

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

« ____ » _____ 2025 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

зі спеціальності 142 Енергетичне машинобудування

(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми _____

Холодильні техніка та технології

на тему: Підвищення енергоефективності систем опалення та кондиціонування,
лабораторних приміщень із використанням теплового насоса

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

_____ Ничипорук Сергій Віталійович _____

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Керівник _____ Рябчук Олександр Миколайович _____

(прізвище, ім'я)

(підпис)

Консультант _____

(прізвище, ім'я)

(підпис)

Рецензент _____

(прізвище, ім'я)

(підпис)

Я як здобувач Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав і не одержував недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідні джерела.

(підпис та прізвище здобувача)

Київ – 2025 р.

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. Петренко В.П.

“17” вересня 2025 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Ничипорука Сергія Віталійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Підвищення енергоефективності систем опалення та кондиціювання, лабораторних приміщень із використанням теплового насоса
керівник роботи: к.т.н., доц. кафедри теплоенергетики і холодильної техніки Рябчук Олександр Миколайович

(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 02.12.2025р.

3. Вихідні дані до роботи

– архітектурно-будівельні характеристики будівлі (площі, об'єми, конструктивні елементи, _____ призначення _____ приміщень)

– кліматологічні параметри зовнішнього повітря згідно з ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель» та ДСТУ-НБВ.1.1-27:2010 «Будівельна _____ кліматологія»;

– теплотехнічні властивості огорожувальних конструкцій у відповідності до чинних _____ ДБН;

– нормативні дані щодо внутрішніх тепловиділень згідно з ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, _____ вентиляція _____ та _____ кондиціювання»;

– технічні характеристики сучасних теплових насосів повітря–повітря та систем електричного опалення з офіційних технічних каталогів;

– довідкові матеріали ДБН, ДСТУ, європейських стандартів та профільної технічної _____ літератури;

– чинні тарифи на електроенергію та економічні показники для проведення аналізу енергоефективності.

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

Вступ, Розділ 1. Аналітичний огляд сучасних систем опалення та кондиціювання будівель із використанням теплових насосів, Розділ 2. Теплотехнічний

розрахунок будівлі та визначення теплових навантажень, Розділ 3. Розробка системи опалення та кондиціонування на базі теплового насоса: вибір обладнання, розрахунок режимів роботи та енергетичних показників, Розділ 4. Порівняльна оцінка енергоефективності теплового насоса та електричного опалення, Розділ 5. Економічне обґрунтування застосування теплового насоса у системах опалення будівель, Розділ 6. Охорона праці та безпека експлуатації системи опалення та кондиціонування, Висновки, Список використаних джерел, Додатки

5. Перелік графічного матеріалу

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 17.09.2025р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
	Отримання завдання на кваліфікаційну роботу	17.09-19.09.2025	
	Виконання розділів кваліфікаційної роботи	20.09.25-17.11.25	
	Оформлення ПЗ, презентація, консультація з розділів	18.11-02.12.2025	

Здобувач

(підпис)

Ничипорук С.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Рябчук О.М.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційну роботу присвячено підвищенню енергоефективності систем опалення та кондиціювання адміністративної будівлі шляхом застосування сучасних теплових насосів повітря–повітря. Актуальність теми зумовлена обмеженням можливостей централізованого теплопостачання, зростанням вартості енергоресурсів, а також необхідністю зменшення споживання електричної енергії та викидів парникових газів відповідно до національних і міжнародних зобов'язань України.

Метою роботи є аналіз сучасних технологій опалення та кондиціювання будівель, виконання теплотехнічних розрахунків адміністративної будівлі та обґрунтування вибору енергоефективної системи на базі теплового насоса. У роботі проведено аналітичний огляд теплових насосів і мультизональних VRF/VRV систем, розглянуто принципи їх роботи, показники енергоефективності та екологічні аспекти застосування.

Виконано теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій і визначено теплові втрати приміщень будівлі з урахуванням кліматичних умов м. Києва. На основі отриманих результатів здійснено підбір обладнання системи опалення та кондиціювання, сформовано специфікацію основних елементів та оцінено енергетичну й екологічну ефективність прийнятого технічного рішення.

У роботі також виконано економічне порівняння VRF-системи з альтернативним варіантом індивідуального електричного опалення з урахуванням актуальних тарифів на електричну енергію. Проведено оцінку впливу холодоагенту на довкілля за показниками GWP та TEWI. Окрему увагу приділено питанням охорони праці та безпеки експлуатації інженерних систем.

Практична цінність роботи полягає в можливості використання отриманих результатів при проєктуванні та модернізації систем опалення і кондиціювання адміністративних будівель, не підключених до централізованого теплопостачання.

Ключові слова: тепловий насос, VRF-система, опалення, кондиціювання, енергоефективність, теплотехнічний розрахунок, CO₂, GWP, TEWI, адміністративна будівля.

					00. КМР 142.003.015.ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Підвищення енергоефект-ті систем опалення та кондиціювання, за рахунок теплового насоса	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		Ничипорук С.		1.12.25				
<i>Перевір.</i>		Рябчук О.						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. контр.</i>								
<i>Затвердив</i>		Петренко В.П.				ННІТІ ХМ – 2 – 7М		

ABSTRACT

The qualification thesis is devoted to improving the energy efficiency of heating and air conditioning systems for an administrative building through the application of modern air-to-air heat pumps. The relevance of the topic is determined by the limited availability of district heating systems, the increasing cost of energy resources, and the necessity to reduce electricity consumption and greenhouse gas emissions in accordance with national and international commitments of Ukraine.

The aim of the thesis is to analyze modern heating and air conditioning technologies, perform thermal calculations of an administrative building, and justify the selection of an energy-efficient system based on a heat pump. The study includes an analytical review of heat pumps and multi-zone VRF/VRV systems, their operating principles, energy efficiency indicators, and environmental aspects of application.

Thermal calculations of the building envelope were carried out, and heat losses of individual rooms were determined considering the climatic conditions of Kyiv. Based on the obtained results, the equipment of the heating and air conditioning system was selected, a detailed specification was developed, and the energy and environmental performance of the proposed solution was evaluated.

An economic comparison of the VRF system with an alternative electric heating system was conducted using current electricity tariffs. The environmental impact of the selected refrigerant was assessed using GWP and TEWI indicators. Occupational safety and operational safety issues of engineering systems were also considered.

The practical significance of the thesis lies in the applicability of the obtained results for the design and modernization of heating and air conditioning systems in administrative buildings not connected to district heating networks.

Keywords: heat pump, VRF system, heating, air conditioning, energy efficiency, thermal calculation, CO₂, GWP, TEWI, administrative building.

		Ничипорук С.		1.12.25	00. КМР 142.003.015.ПЗ	Архум
		Рябчук О.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

У сучасних умовах питання енергоефективності будівель виходить за межі суто технічної проблематики та набуває стратегічного значення для енергетичної безпеки України. Внаслідок збройної агресії російської федерації значна частина енергогенеруючих потужностей країни була знищена або суттєво пошкоджена, що призвело до дефіциту електричної енергії, необхідності обмеження споживання та перегляду принципів проектування інженерних систем будівель. У такій ситуації особливо важливими стають інноваційні підходи до опалення та кондиціонування, які здатні забезпечити стабільне функціонування будівель за мінімального навантаження на енергосистему. Одним із найбільш ефективних рішень є теплові насоси, що дозволяють скоротити витрати електричної енергії та зменшити викиди парникових газів, одночасно підвищуючи енергетичну автономність об'єкта.

Будівля адміністративного призначення з влаштуванням виробничо-технологічного центру за адресою **м. Київ, вул. Володимирська, 68** потребує надійного та економічно обґрунтованого забезпечення тепловою енергією у холодний період року та підтримання нормативних кліматичних умов у теплий період завдяки системам холодопостачання. Конструктивні та експлуатаційні характеристики таких об'єктів вимагають застосування високоефективних систем, здатних працювати в умовах значних сезонних коливань температури зовнішнього повітря. У кліматичних умовах м. Києва (мінімальна температура холодної п'ятиденки $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$ згідно з ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 [2]) теплові насоси типу «повітря–повітря» демонструють високу ефективність та здатні забезпечувати як нагрів, так і охолодження без застосування окремих енергоємних систем.

Важливою складовою вибору інженерних рішень є їх екологічність. Україна є стороною низки міжнародних угод та протоколів, спрямованих на декарбонізацію і скорочення антропогенних викидів:

- **Київського протоколу** (ратифікований у 2004 р.);
- **Паризької кліматичної угоди** (ратифікована у 2016 р.);
- **Оновленого Національно визначеного внеску (NDC2)**, згідно з яким Україна зобов'язалась скоротити викиди парникових газів до 2030 р. не більше ніж до 35% від рівня 1990 р.;
- зобов'язань щодо переходу на низьковуглецеві технології у рамках Угоди про асоціацію з ЄС.

					00. КМР 142.003.015.ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Підвищення енергоефект-ті систем опалення та кондиціонування, за рахунок теплового насоса	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		Ничипорук С.		1.12.25				
<i>Перевір.</i>		Рябчук О.					1	79
<i>Реценз.</i>						ННІТІ ХМ – 2 – 7М		
<i>Н. контр.</i>								
<i>Затвердив</i>		.Петренко В.П.						

У цьому контексті системи опалення на базі електричних котлів, хоча й прості у реалізації, є енергетично неефективними та сприяють зростанню сумарних викидів CO₂, оскільки для виробництва електроенергії в Україні все ще частково використовуються викопні джерела. Натомість теплові насоси забезпечують значно нижчий рівень споживання електроенергії на одиницю корисного тепла, а отже — опосередковане скорочення викидів парникових газів та відповідність кліматичній політиці держави.

Об’єкт дослідження — процеси теплопостачання та холодопостачання адміністративної будівлі.

Предмет дослідження — енергоефективність інженерних систем на базі теплового насоса у порівнянні з електричною системою опалення.

Метою роботи є підвищення енергоефективності систем опалення та кондиціонування будівлі шляхом застосування теплового насоса та визначення його технічних, економічних та екологічних переваг над традиційними електричними системами опалення.

Для досягнення мети необхідно вирішити такі завдання:

1. виконати аналітичний огляд сучасних систем теплопостачання та кондиціонування будівель із використанням теплових насосів;
2. провести теплотехнічний розрахунок будівлі та визначити теплові навантаження;
3. обрати оптимальний тип та модель теплового насоса;
4. розрахувати сезонну енергоефективність теплового насоса та визначити річне енергоспоживання системи;
5. виконати порівняння системи теплового насоса з електродкотлом за енергетичними характеристиками;
6. здійснити економічний аналіз та визначити термін окупності;
7. оцінити екологічний вплив системи, включно зі скороченням непрямих викидів CO₂;
8. сформулювати рекомендації щодо впровадження та оптимізації системи теплопостачання й кондиціонування.

Практична значущість отриманих результатів полягає у можливості їх застосування для проектування та модернізації інженерних систем адміністративних, громадських та виробничих будівель з метою зниження енергоспоживання та мінімізації екологічного впливу.

		Ничипорук С.		1.12.25	00. КМР 142.003.015.ПЗ	Аржуш
		Рябчук О.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД СУЧАСНИХ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ ТА КОНДИЦІОНУВАННЯ БУДІВЕЛЬ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ

1.1. Енергоефективність як ключовий фактор розвитку інженерних систем будівель

Енергетична трансформація та модернізація будівельного фонду є одним із провідних напрямів розвитку інфраструктури як у світі, так і в Україні. Зростання вартості енергоносіїв, необхідність зниження залежності від викопних джерел енергії та виконання міжнародних зобов'язань у сфері скорочення викидів парникових газів зумовлюють підвищені вимоги до енергоефективності інженерних систем будівель. Сучасні системи опалення та кондиціонування розглядаються не лише як засіб забезпечення комфортних умов, а й як важливий елемент енергетичної політики та екологічної безпеки.

В українських умовах питання енергоефективності набуло особливої актуальності внаслідок збройної агресії російської федерації, що призвела до пошкодження та часткової втрати електрогенерувальних потужностей і енергетичної інфраструктури. У цих умовах особливо значення набувають автономність будівель, зменшення пікових навантажень на енергосистему та раціональне використання доступних енергоресурсів. Іншими словами, системи опалення й кондиціонування мають працювати так, щоб забезпечувати необхідний рівень комфорту при мінімально можливому споживанні енергії.

До основних вимог до сучасних систем опалення можна віднести низьке енергоспоживання, стабільність роботи при різких кліматичних коливаннях, можливість інтеграції з системами холодопостачання, а також відповідність міжнародним протоколам щодо скорочення викидів парникових газів, зокрема Кіотському протоколу та Паризькій угоді. У цьому контексті теплові насоси розглядаються як одна з найбільш перспективних технологій, оскільки значна частина теплової енергії в них формується за рахунок низькопотенційних джерел (зовнішнє повітря, ґрунт, вода), а електрична енергія використовується переважно для приводу компресора та допоміжного обладнання.

Таким чином, питання енергоефективності інженерних систем будівель тісно пов'язане з вибором типу та принципу дії системи теплопостачання і кондиціонування. Подальший аналіз технологій є необхідним для формування обґрунтованих рішень щодо модернізації існуючих і проектування нових систем у будівлях адміністративного та громадського призначення.

					00. КМР 142.003.015.ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Підвищення енергоефект-ті систем опалення та кондиціонування, за рахунок теплового насоса	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		Ничипорук С.		1.12.25				
<i>Перевір.</i>		Рябчук О.					1	89
<i>Реценз.</i>						ННІТІ		
<i>Н. контр.</i>						ХМ – 2 – 7М		
<i>Затвердив</i>		.Петренко В.П.						

1.2. Теплові насоси: загальні принципи та сфера застосування

Тепловий насос є теплотехнічною установкою, яка переносить теплову енергію від середовища з нижчою температурою до середовища з вищою температурою, використовуючи механічну або електричну роботу. Принцип його роботи базується на холодильному циклі, подібному до циклу Карно, але реалізованому у зворотному режимі: замість відведення теплоти з приміщення назовні (як у звичайному кондиціонері) теплова енергія може подаватися в приміщення в режимі нагріву.

Ключовою характеристикою теплового насоса є коефіцієнт перетворення COP (Coefficient of Performance), який показує, скільки теплової енергії система виробляє на кожен 1 кВт·год спожитої електричної енергії. Якщо, наприклад, $COP = 3$, це означає, що теплова потужність у три рази перевищує витрати електроенергії. У реальних умовах роботи сучасних теплових насосів значення COP зазвичай знаходиться у діапазоні від 2,5 до 5,0, залежно від температури зовнішнього повітря та режиму роботи.

До основних переваг теплових насосів можна віднести високий рівень енергоефективності порівняно з традиційними електричними системами опалення, універсальність застосування (робота в режимах нагріву й охолодження), зниження непрямих викидів CO₂, а також можливість інтеграції у системи диспетчеризації та автоматизованого керування будівлею (BMS). Важливо й те, що одна система здатна одночасно виконувати функції опалення, кондиціонування та, за певних конфігурацій, забезпечуючи підготовку гарячої води.

Сфера застосування теплових насосів є доволі широкою. Вони використовуються в адміністративних будівлях, житлових комплексах, громадських спорудах, виробничо-технологічних центрах, лабораторіях та сервісних приміщеннях. Особливо доцільним є застосування теплових насосів у будівлях, які не мають доступу до централізованого теплопостачання, а також у випадках, коли ставиться завдання зменшити експлуатаційні витрати та підвищити рівень автономності інженерних систем.

Для адміністративних будівель теплові насоси дозволяють покривати як теплове навантаження в холодний період, так і забезпечувати холодопостачання в літній період, що фактично замінює дві окремі системи — опалення та кондиціонування. Це спрощує структуру інженерних мереж будівлі та створює передумови для підвищення їх енергоефективності.

1.3. Класифікація теплових насосів та особливості їх застосування

Теплові насоси класифікують переважно за типом низькопотенційного джерела теплоти та середовища, у яке передається теплова енергія.

Найпоширеніші типи — це системи «повітря–повітря», «повітря–вода», «ґрунт–

		Ничипорук С.		1.12.25	00. КМР 142.003.015.ПЗ	Аржули
		Рябчук О.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

вода» (або «ґрунт–повітря») та «вода–вода». Кожен тип має свої особливості, переваги й обмеження, що визначає доцільність його використання в конкретних умовах.

Теплові насоси типу «повітря–повітря» є найбільш поширеними завдяки відносній простоті конструкції та монтажу. До цього класу належать побутові і напівпромислові спліт- та мультиспліт-системи, а також багатозональні VRF/VRV системи. Джерелом теплоти для них є зовнішнє повітря, а теплопередача здійснюється безпосередньо у внутрішнє повітря приміщення. Перевагами такого рішення є невисокі первинні інвестиції, достатня гнучкість у зональному регулюванні та можливість працювати як на нагрів, так і на охолодження. До недоліків можна віднести залежність від температури зовнішнього повітря, необхідність відтаювання зовнішнього теплообмінника при від’ємних температурах та зниження коефіцієнта COP у сильні морози.

Системи типу «повітря–вода» використовуються переважно у поєднанні з водяними системами опалення — радіаторами, фанкойлами, системами «тепла підлога». Вони дозволяють замінювати газові або електричні котли та організувати централізований розподіл тепла по всій будівлі. Такі теплові насоси особливо ефективні в низькотемпературних системах, де температура теплоносія не перевищує 35–45 °С, але їх ефективність також залежить від кліматичних умов і типу огорожувальних конструкцій.

Геотермальні теплові насоси типу «ґрунт–вода» або «ґрунт–повітря» використовують як джерело теплоти ґрунт, у якому встановлюються вертикальні або горизонтальні теплообмінники (зонди). За рахунок відносно стабільної температури ґрунту протягом року такі системи забезпечують високі значення COP та стабільну ефективність навіть за низьких температур зовнішнього повітря. Водночас вони потребують значних інвестицій у буріння або земляні роботи, наявності відповідних земельних ділянок і ретельного проектування.

Теплові насоси типу «вода–вода» використовують енергію підземних вод, річок або озер. Їхнім основним плюсом є висока ефективність завдяки стабільній температурі джерела, однак застосування таких рішень обмежується геологічними умовами, необхідністю отримання дозволів на водокористування та врахуванням корозійних і гідравлічних факторів.

Для будівлі адміністративного призначення в умовах щільної міської забудови, з обмеженими можливостями для розміщення геотермальних полів або використання природних водних ресурсів, найбільш реалістичними до розгляду є теплові насоси, що використовують зовнішнє повітря як джерело теплоти. Серед таких рішень окремий інтерес становлять багатозональні системи типу «повітря–повітря» із можливістю гнучкого розподілу тепла та холоду між приміщеннями.

		Ничипорук С.		1.12.25	00. КМР 142.003.015.ПЗ	Аркуш
		Рябчук О.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

1.4. Порівняння теплових насосів з традиційними електричними системами опалення

радиційні системи електричного опалення — електроротли, електричні конвектори та подібні установки — характеризуються простою конструкцією, відносно невисокою вартістю монтажу та легкістю керування. Водночас їхньою фундаментальною особливістю є те, що коефіцієнт перетворення теплової енергії фактично дорівнює одиниці: для отримання 1 кВт·год тепла потрібно витратити приблизно 1 кВт·год електроенергії. Це означає, що такі системи не використовують зовнішні низькопотенційні джерела теплоти, а вся тепла енергія формується виключно за рахунок електричної.

На відміну від цього, теплові насоси споживають електричну енергію лише для перенесення тепла. Для більшості сучасних моделей у реальних умовах експлуатації коефіцієнт COP знаходиться в діапазоні 2,5–3,5 при температурах зовнішнього повітря близьких до нуля, 3,5–4,5 при позитивних температурах у межах +2...+7 °С і може досягати 5,0–6,0 у міжсезоння. Це означає, що на 1 кВт·год електроенергії тепловий насос може подавати в приміщення у 3–5 разів більше тепла, ніж електроротел. Сезонний показник SCOP/SER – ключ до економії

Оскільки протягом року кліматичні умови змінюються, для реалістичної оцінки енергоефективності застосовують

- SCOP — це **сезонний коефіцієнт перетворення теплового насоса** у режимі нагріву, який відображає реальну ефективність системи протягом усього опалювального періоду, а не лише в одній температурній точці.

- SEER (**Seasonal Energy Efficiency Ratio**) — це **сезонний показник енергоефективності** системи кондиціювання або теплового насоса у режимі охолодження. Він показує, яку кількість холоду система виробляє протягом усього теплого періоду року відносно всієї спожитої електроенергії.

Порівняння теплових насосів з електричними системами опалення показує, що за однакової теплової потужності споживання електроенергії тепловим насосом може бути в 3–4 рази меншим. Це не лише зменшує експлуатаційні витрати, але й знижує пікові навантаження на електричні мережі будівлі та енергосистеми в цілому. Крім того, менше споживання електроенергії означає менші непрямі викиди CO₂, пов'язані з її виробництвом, що є важливим екологічним чинником.

Окремою перевагою теплових насосів є можливість роботи в режимі охолодження, у той час як електроротли виконують лише одну функцію — нагрів. Це створює передумови для застосування єдиної системи для забезпечення теплового комфорту протягом усього року, що особливо актуально для адміністративних будівель із тривалим режимом роботи та змінними внутрішніми тепловими навантаженнями.

		Ничипорук С.		1.12.25	00. КМР 142.003.015.ПЗ	Аржун
		Рябчук О.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

1.5. Сучасні VRF/VRV системи як високоефективна реалізація теплових насосів

Серед різних варіантів реалізації теплових насосів окреме місце посідають багатозональні системи змінної витрати холодоагенту — VRF (Variable Refrigerant Flow) та VRV. Вони є розвитком ідей традиційних систем типу «повітря–повітря», але реалізованих на рівні цілої будівлі або групи будівель. Основна концепція таких систем полягає у централізованому виробленні холодо- чи теплотужності одним або кількома зовнішніми блоками та гнучкому розподілі цієї потужності між великою кількістю внутрішніх блоків, які обслуговують окремі приміщення або зони.

VRF/VRV системи працюють на основі холодильного циклу теплового насоса, де зовнішній блок виконує функцію джерела тепла або холоду, а внутрішні блоки здійснюють теплообмін безпосередньо з повітрям приміщень. Відмінною особливістю є можливість плавної зміни продуктивності за рахунок інверторного керування компресором та регулювання витрати холодоагенту. Це дозволяє системі адаптуватися до реальних теплових навантажень будівлі, зменшувати кількість пусків і зупинок компресора та працювати значну частину часу в режимах часткового навантаження, де досягається найвища енергоефективність.

Однією з головних переваг VRF/VRV систем є багатозональність. Кожен внутрішній блок має власне керування та може підтримувати індивідуально задані параметри мікроклімату в приміщенні або групі приміщень. Це особливо важливо для адміністративних будівель, де умови роботи в різних кабінетах, залах, технічних приміщеннях або зонах з різною орієнтацією за сторонами світу можуть істотно відрізнятись. Можливість гнучкого зонального регулювання дозволяє уникати перегрівів чи переохолоджень, зменшує скарги користувачів та підвищує загальний рівень комфортності.

Ще однією важливою особливістю сучасних VRF/VRV систем є режим одночасного нагріву та охолодження в різних приміщеннях, який реалізується в так званих системах із рекуперацією теплоти (Heat Recovery). У реальних умовах експлуатації будівлі часто виникають ситуації, коли одні приміщення потребують охолодження (наприклад, за рахунок внутрішніх тепловиділень або сонячної інсоляції), тоді як інші — нагріву. У традиційних схемах для цього необхідні окремі системи опалення і кондиціонування, тоді як VRF-система з рекуперацією здатна переносити тепло від приміщень, що охолоджуються, до приміщень, що обігріваються, у межах одного холодильного контуру. VRF система вирішує це питання завдяки трітрубній конфігурації та енергообміну між приміщеннями.

У системах типу Heat Recovery (HR) зовнішній блок, розподільчі модулі та внутрішні блоки з'єднані трьома трубопроводами:

		Ничипорук С.		1.12.25	00. КМР 142.003.015.ПЗ	Аржуні
		Рябчук О.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Газова магістраль (гарячий газ) - Холодоагент у стані пари з високою температурою і тиском, необхідний для обігріву внутрішніх блоків.

Рідинна магістраль - Рідкий холодоагент високого тиску після конденсації.

Лінія всмоктування (охладжена пара) Повернення холодної пари від внутрішніх блоків, що працюють на охолодження.

Завдяки наявності трьох ліній, кожен внутрішній блок може працювати у власному режимі, незалежно від інших приміщень.

Важливу роль виконує розподільчий модуль (BC Controller / HR Box) - саме цей елемент забезпечує “розумний” розподіл холодоагенту:

внутрішній блок, який працює на охолодження, забирає рідкий холодоагент і повертає перегріту пару (відведене тепло);

внутрішній блок, який працює на нагрів, отримує гарячий газ, який або частково, або повністю формується за рахунок теплоти, вилученої з охолоджуваних приміщень.

Тобто система фактично переносить тепло з кімнат, що потребують охолодження, у кімнати, що потребують нагріву.

Це дозволяє: меншити навантаження на компресор; значно знизити споживання електроенергії; досягти коефіцієнта ефективності вище 8–10 у перехідні періоди.

Завдяки поєднанню інверторної технології, оптимізованої конструкції теплообмінників та можливості роботи в режимах часткового навантаження сучасні VRF/VRV системи характеризуються високими сезонними показниками ефективності. Сезонний коефіцієнт ефективності в режимі нагріву (SCOP) для таких систем зазвичай перевищує значення 4,0, а у високоефективних серіях може досягати 5,0 і більше. У режимі охолодження сезонний показник SEER часто знаходиться в діапазоні 7,0–8,5 і вище. Це свідчить про значний потенціал економії електроенергії протягом опалювального та періоду кондиціювання порівняно з традиційними системами.

Не менш важливою є здатність VRF/VRV систем інтегруватися у сучасні системи автоматизації та диспетчеризації будівель. Вони підтримують централізоване та локальне керування, добові і тижневі графіки роботи, обмеження споживання потужності в періоди пікових навантажень, а також моніторинг параметрів у реальному часі. Такі функції дозволяють більш гнучко управляти енергоспоживанням, адаптувати роботу системи до режимів експлуатації будівлі, а за необхідності — підвищувати її енергоефективність без суттєвих конструктивних змін.

Слід відзначити, що VRF/VRV системи мають і певні обмеження, які потрібно враховувати при проектуванні. Вони працюють із значними кількостями холодоагенту, що накладає вимоги щодо дотримання норм безпеки, правильного розміщення внутрішніх блоків, організації вентиляції та

		Ничипорук С.		1.12.25	00. КМР 142.003.015.ПЗ	Архиви
		Рябчук О.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

контролю герметичності системи. Також важливими є питання доступності сервісного обслуговування, вартості обладнання та монтажу, вимог до майданчиків для розміщення зовнішніх блоків, шумових характеристик та конструктивних особливостей будівлі.

Таким чином, сучасні VRF/VRV системи можуть розглядатися як одна з високоефективних реалізацій теплових насосів для будівель адміністративного та громадського призначення. На цьому етапі дослідження вони становлять інтерес як потенційний варіант організації системи опалення та кондиціонування, що поєднує високу енергоефективність, гнучкість зонального керування та можливість рекуперації теплоти. Остаточна оцінка доцільності їх застосування для конкретної будівлі потребує подальших теплотехнічних розрахунків і порівняння з іншими можливими варіантами, що буде виконано в наступних розділах роботи.

Порівняння енергоефективності VRF систем різних виробників

Сучасний ринок VRF/VRV систем представлений широким колом виробників, серед яких є як глобальні бренди. Попри загальну схожість принципу дії, системи різних виробників можуть істотно відрізнятись за показниками енергоефективності, діапазоном робочих температур, алгоритмами керування та рівнем інтеграції з системами автоматизації будівель. Тому при виборі конкретного обладнання для будівлі доцільно розглядати не лише номінальні паспортні характеристики, а насамперед сезонні показники ефективності та особливості роботи в реальних умовах експлуатації.

Основними критеріями для порівняння енергоефективності VRF систем є сезонні коефіцієнти SEER та SCOP. На практиці саме сезонні коефіцієнти є більш інформативними, ніж миттєві значення EER та COP, оскільки дозволяють оцінити реальне енергоспоживання системи протягом опалювального та періоду кондиціонування.

Порівнюючи VRF системи різних виробників, можна відзначити, що значення SEER та SCOP навіть у межах одного класу потужності можуть помітно відрізнятись. На ці відмінності впливають тип та конструкція компресорів, ефективність теплообмінників, рівень оптимізації холодильного контуру, а також наявність додаткових функцій, таких як адаптивні режими роботи, інтелектуальне керування, обмеження пікових навантажень тощо. Окремі серії обладнання орієнтовані на максимальну сезонну ефективність у м'якому кліматі, інші — на стабільну роботу при низьких температурах, що також відображається на співвідношенні SEER/SCOP.

Ще одним важливим аспектом порівняння є діапазон робочих температур зовнішнього повітря, в якому система здатна забезпечувати номінальну або наближену до номінальної потужність. Для умов України, де в зимовий період можливі значні мінусові температури, критичним є збереження прийнятного

		Ничипорук С.		1.12.25	00. КМР 142.003.015.ПЗ	Аржуні
		Рябчук О.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

рівня ефективності у зоні від $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ і нижче. У різних виробників цей діапазон може відрізнятися, як і логіка відтайки зовнішнього теплообмінника, що впливає на комфорт та стабільність роботи системи в опалювальний період.

До порівняльних критеріїв також відносяться акустичні характеристики зовнішніх та внутрішніх блоків, можливості обмеження рівня шуму в нічний час, гнучкість налаштувань режимів роботи, а також наявність функцій моніторингу та діагностики. Хоча ці параметри не є прямими показниками енергоефективності, вони впливають на реальні умови експлуатації обладнання, дозволяють точніше підлаштувати системи під потреби будівлі та, як наслідок, оптимізувати споживання електроенергії.

Таким чином, порівняння VRF систем різних виробників повинно базуватися не лише на одному числовому показнику, а на сукупності сезонних коефіцієнтів ефективності, діапазону робочих температур, режимів часткового навантаження, алгоритмів керування та умов експлуатації. Проведений аналіз дозволяє сформулювати загальне уявлення про потенціал таких систем з точки зору енергоефективності та створює підґрунтя для подальшого вибору конкретного обладнання з урахуванням характеристик досліджуваної будівлі.

Одним із провідних представників сучасних VRF систем є **LG MULTI V i** — система 7-го покоління, у якій реалізовано низку технологічних рішень, що підвищують сезонну енергоефективність та адаптивність до кліматичних умов.

На основі даних презентації виконано аналіз порівняльних характеристик між:

- LG (MULTI V i)
- D Company (типово Daikin VRV)
- ME Company (Mitsubishi Electric City Multi)

Результати порівняння:

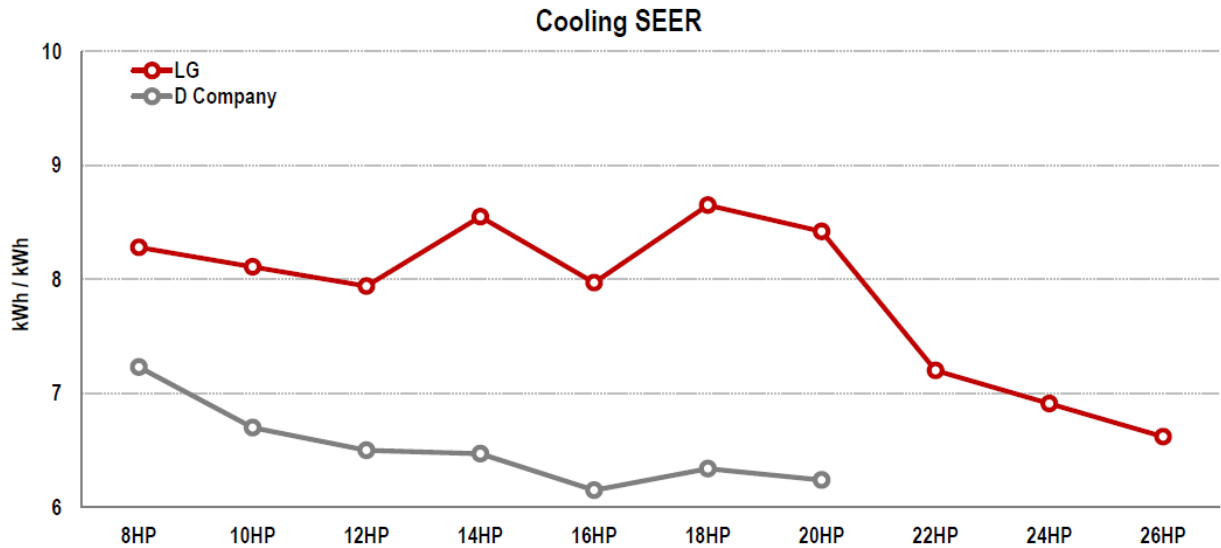
		Ничипорук С.		1.12.25	00. КМР 142.003.015.ПЗ	Архиви
		Рябчук О.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Охолодження (SEER):

Cooling SEER

Performance

Cooling SEER is higher than that of D Company

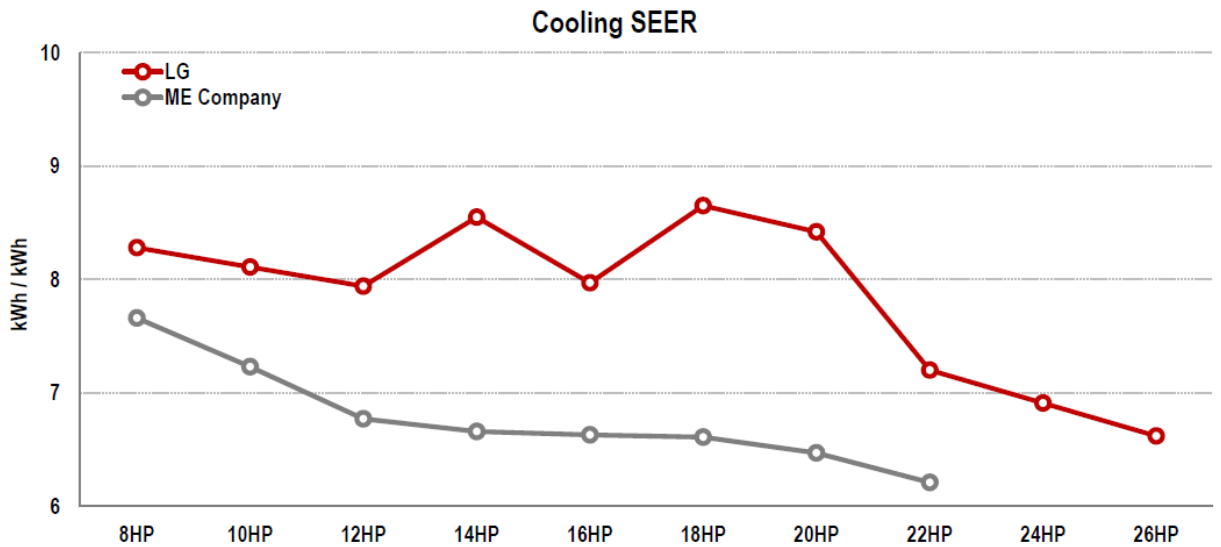


Company	Unit	Model (HP)									
		8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
LG	kWh / kWh	8.28	8.11	7.94	8.55	7.97	8.65	8.42	7.20	6.91	6.62
D Company	kWh / kWh	7.23	6.70	6.50	6.47	6.15	6.34	6.24	-	-	-

Cooling SEER

Performance

Cooling SEER is higher than that of ME Company



Company	Unit	Model (HP)									
		8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
LG	kWh / kWh	8.28	8.11	7.94	8.55	7.97	8.65	8.42	7.20	6.91	6.62
ME Company	kWh / kWh	7.66	7.23	6.77	6.66	6.63	6.61	6.47	6.21	-	-

- LG: 7,9–8,6
- D Company: 6,1–7,2
- ME Company: 6,6–7,7

LG має на 15–25% вищу сезонну ефективність.

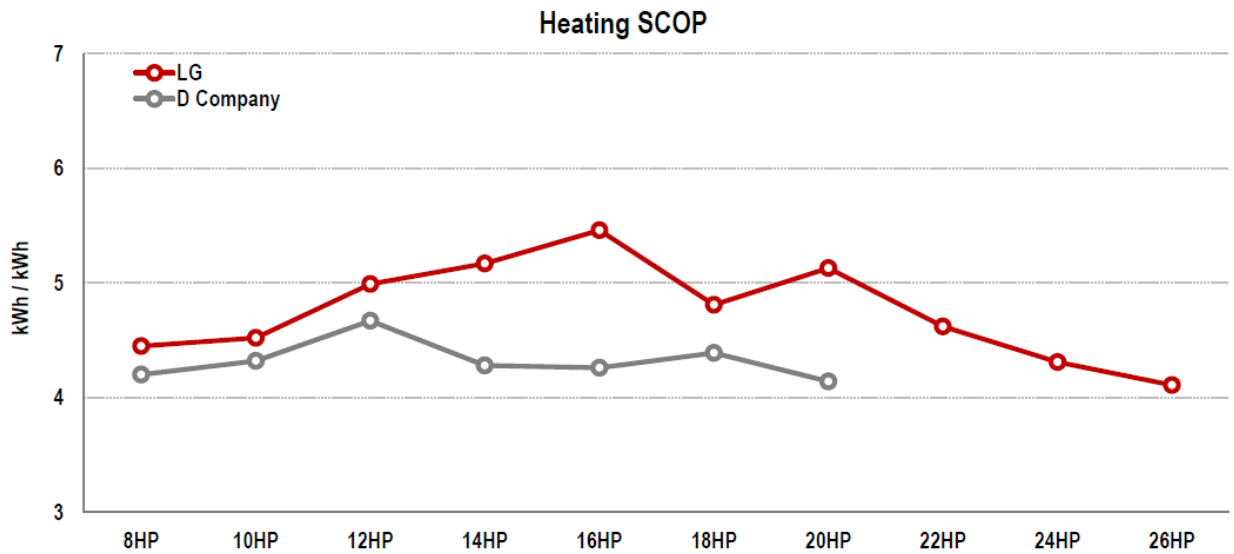
		Ничипорук С.		1.12.25	00. КМР 142.003.015.ПЗ	Архиви
		Рябчук О.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Назва (SCOP):

Heating SCOP

Performance

Heating SCOP is higher than that of D Company

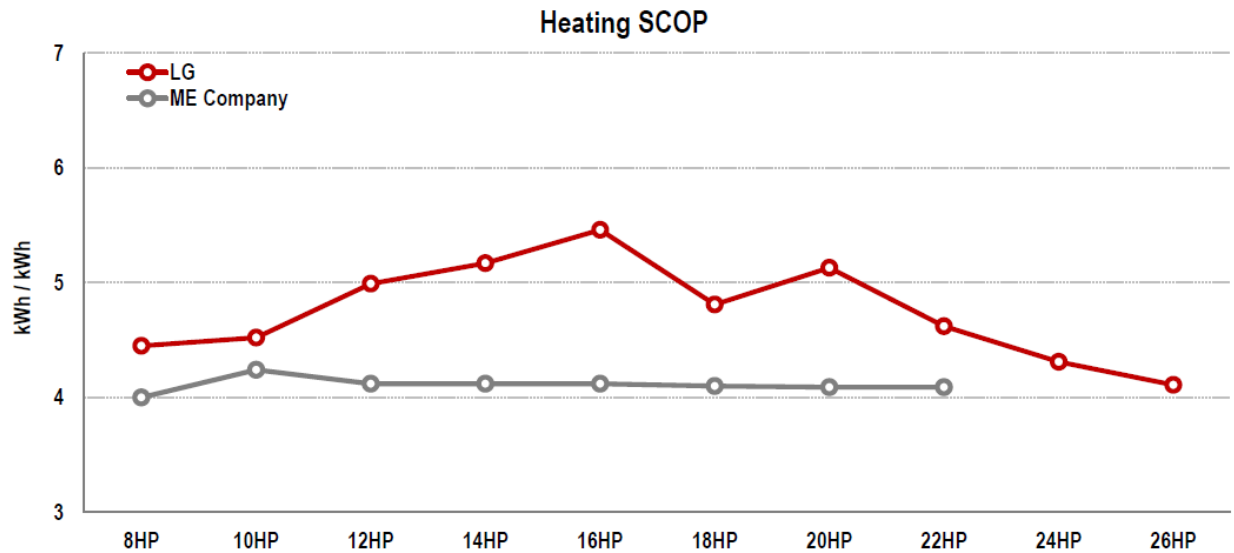


Company	Unit	Model (HP)									
		8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
LG	kWh / kWh	4.45	4.52	4.99	5.17	5.46	4.81	5.13	4.62	4.31	4.11
D Company	kWh / kWh	4.20	4.32	4.67	4.28	4.26	4.39	4.14	-	-	-

Heating SCOP

Performance

Heating SCOP is higher than that of ME Company



Company	Unit	Model (HP)									
		8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
LG	kWh / kWh	4.45	4.52	4.99	5.17	5.46	4.81	5.13	4.62	4.31	4.11
ME Company	kWh / kWh	4.00	4.24	4.12	4.12	4.12	4.10	4.09	4.09	-	-

- LG: 4,4–5,5
- D Company: 4,1–4,7
- ME Company: 4,0–4,3

LG виграє по річному коефіцієнту нагріву (SCOP) у більшості типорозмірів.

		Ничипорук С.		1.12.25	00. КМР 142.003.015.ПЗ	Архиви
		Рябчук О.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Діапазон роботи, з технічних каталогів виробника для зовнішніх блоків MULTI V LG забезпечують 100% продуктивності при $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, та роботу до $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$,

1.6. Екологічні аспекти застосування теплових насосів та міжнародні кліматичні зобов'язання України

Важливим аспектом європейської інтеграції України є підвищення енергоефективності інженерних систем будівель, що набуває ключового значення в умовах сучасної кліматичної політики розвинених країн та виконання міжнародних зобов'язань держави у сфері декарбонізації.

Зростання температури, глобальні зміни клімату та необхідність зменшення залежності від викопних палив сформувавши потребу в інженерних рішеннях, які забезпечують не лише високу енергоефективність, а й зниження викидів парникових газів. У цьому контексті теплові насоси є однією з найбільш перспективних технологій, оскільки вони дозволяють виробляти теплову енергію з мінімальним споживанням електроенергії та суттєво скорочують непрямі викиди CO_2 .

Україна є стороною кількох міжнародних угод, що визначають напрям державної політики у сфері енергетики та екології. Ратифікувавши Кіотський протокол, країна взяла зобов'язання здійснювати заходи, спрямовані на підвищення енергоефективності та зменшення викидів. Подальшим кроком стала Паризька кліматична угода, яка передбачає формування довгострокової стратегії переходу до економіки з низьким рівнем вуглецевих викидів. У межах цієї угоди Україна визначила свій Національно визначений внесок (NDC2), згідно з яким сукупні викиди парникових газів мають бути обмежені рівнем не вище 35% від показника 1990 року до 2030 року. Досягнення таких показників неможливе без скорочення споживання енергоресурсів у будівлях та впровадження інноваційних низьковуглецевих технологій.

Застосування теплових насосів напряду сприяє досягненню кліматичних цілей, оскільки їхня ефективність у режимі нагріву в декілька разів перевищує ефективність традиційних електричних систем. При значеннях SCOP у діапазоні 4,0–5,5 теплові насоси дозволяють отримувати у 4–5 разів більше тепла, ніж обсяг спожитої електричної енергії. Таким чином, непрямі викиди CO_2 , пов'язані з виробництвом електроенергії для систем опалення, зменшуються пропорційно коефіцієнту сезонної ефективності. Порівняно з електродкотлами, які мають коефіцієнт перетворення, близький до одиниці, економія викидів може досягати 70–80%. Це особливо актуально для урбанізованих територій, де концентрація теплового навантаження на електромережу значна, а будівлі споживають великий обсяг енергії протягом опалювального періоду.

		Ничипорук С.		1.12.25	00. КМР 142.003.015.ПЗ	Аржум
		Рябчук О.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Додатковим екологічним аспектом є регулювання холодоагентів, що використовуються в системах кондиціонування та теплових насосах. У рамках імплементації європейського регламенту F-Gas Україна поступово переходить до зниження використання холодоагентів із високим потенціалом глобального потепління. Це стимулює впровадження сучасних VRF-систем, які використовують холодоагенти з нижчим GWP та оснащуються технологіями мінімізації витоків. Розвиток цих технологій, зокрема можливість інтеграції систем моніторингу та автоматичного контролю, сприяє додатковому зменшенню впливу на довкілля.

Окреме значення має здатність VRF-систем із рекуперацією теплоти працювати у режимі одночасного нагріву та охолодження. У таких режимах тепло, яке відводиться з перегрітих приміщень, передається у ті зони, що потребують нагріву, без додаткових витрат енергії на компресор. У перехідні періоди року частка рекуперації може сягати понад 60%, що забезпечує не лише економію електроенергії, а й зменшення викидів парникових газів. Таким чином, застосування VRF-систем із технологією Heat Recovery поєднує високу енергоефективність із суттєвим екологічним ефектом.

Не менш важливим є контекст воєнного стану в Україні, у межах якого значна частина енергетичної інфраструктури зазнала руйнувань. Дефіцит електричної енергії та необхідність зменшення навантаження на енергосистему роблять теплові насоси особливо актуальними. Завдяки високому SCOP, вони дозволяють у 3–4 рази зменшити електроспоживання на опалення, що напряду впливає на стабільність енергосистеми та безперебійну роботу будівель критичної та адміністративної інфраструктури.

Таким чином, застосування теплових насосів у системах опалення та кондиціонування будівель не лише забезпечує високу енергоефективність, але й відповідає міжнародним екологічним стандартам, сприяє виконанню кліматичних зобов'язань та підвищує енергетичну стійкість країни. Висока ефективність, зменшення викидів CO₂, адаптивність до кліматичних умов та можливість рекуперації теплоти роблять теплові насоси ключовим інженерним рішенням для будівель сучасного типу.

1.7. Нормативно-правове забезпечення застосування теплових насосів та систем кондиціонування в Україні

Нормативно-правова база відіграє ключову роль у визначенні вимог до проектування, монтажу та експлуатації теплових насосів, систем кондиціонування та загалом інженерних мереж будівель. Україна, рухаючись у напрямі гармонізації з європейським законодавством, активно впроваджує сучасні нормативи у сфері енергоефективності, будівельної кліматології, безпеки холодильних установок та регулювання холодоагентів. Дотримання

		Ничипорук С.		1.12.25	00. КМР 142.003.015.ПЗ	Архум
		Рябчук О.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

цих документів є необхідною умовою як для забезпечення безпечної роботи обладнання, так і для відповідності міжнародним стандартам у сфері енергоефективного будівництва.

Серед основоположних документів, що регулюють роботу інженерних систем будівель, важливе місце займає ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування», який встановлює вимоги до температурного режиму, параметрів повітря, режимів експлуатації та допустимих теплових навантажень. У межах цього нормативу визначаються базові положення, необхідні для розрахунку потужності теплових насосів і систем кондиціонування, а також для забезпечення належного мікроклімату в приміщеннях адміністративних та виробничих будівель. Особливу увагу приділено вимогам до теплових втрат, інфільтрації, обміну повітря та енергетичного балансу будівлі, що є критично важливими для правильного підбору теплового насоса.

Ще одним ключовим документом є ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель», який регламентує теплотехнічні характеристики огорожувальних конструкцій та встановлює мінімально допустимі рівні термічного опору стін, покриттів та вікон. Саме цей документ задає теплотехнічні показники, на основі яких формується тепловий баланс будівлі і визначаються необхідні потужності інженерного обладнання. У контексті теплових насосів цей норматив є фундаментом для розрахунку теплових навантажень та для забезпечення відповідності будівлі сучасним вимогам енергозбереження.

Для визначення розрахункових кліматичних умов застосовується ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія», який встановлює температурні та вологісні параметри зовнішнього середовища для проектування систем опалення та кондиціонування. Значення температури найбільш холодної п'ятиденки, середньорічні температури, кліматичні підзони — усе це формує основу для коректного визначення режимів роботи теплового насоса та його енергетичної ефективності протягом року. Особливо важливими ці параметри є для VRF-систем, чия продуктивність при низьких температурах визначає рівень електроспоживання та здатність підтримувати тепловий комфорт у зимовий період.

Важливу роль у контексті безпеки відіграють міжнародні стандарти серії EN 378 «Холодильні установки та теплові насоси. Вимоги щодо безпеки та екологічні вимоги». Цей документ регулює допустимі концентрації холодоагентів у приміщеннях, правила розміщення внутрішніх і зовнішніх блоків, вимоги до вентиляції, перетину трубопроводів, способів виявлення витоків і заходів із запобігання аварійним ситуаціям. З огляду на те, що VRF-системи використовують значні об'єми холодоагенту, дотримання вимог EN 378 є принциповим для безпечної експлуатації.

		Ничипорук С.		1.12.25	00. КМР 142.003.015.ПЗ	Архум
		Рябчук О.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Європейські регламенти, зокрема F-Gas (EU 517/2014) та оновлений регламент 2024 року, визначають політику щодо поетапного скорочення холодоагентів із високим потенціалом глобального потепління (GWP). Україна поступово адаптує положення F-Gas у межах Угоди про асоціацію з ЄС, тому використання сучасних холодоагентів та технологій контролю витоків у VRF-системах стає важливою складовою екологічної відповідності. Це також стимулює перехід виробників на більш екологічні робочі речовини, такі як R32, що мають нижчий GWP порівняно з традиційним R410A.

До нормативної бази, що стосується енергетичних показників обладнання, належать стандарти EN 14511 та EN 14825, які визначають методики вимірювання COP, EER, SCOP та SEER. Вони забезпечують уніфіковану систему оцінки енергоефективності, що дозволяє об'єктивно порівнювати моделі обладнання різних виробників. Саме ці стандарти є основою для формування паспортних показників VRF-систем і дозволяють використовувати їх у розрахунках сезонного енергоспоживання.

У сукупності нормативно-правові акти України та міжнародні стандарти створюють комплексну систему вимог до проектування, вибору та експлуатації теплових насосів. Вони забезпечують відповідність інженерних систем енергетичній політиці країни, гарантують екологічну безпеку та дозволяють інтегрувати сучасні технології у будівлі відповідно до європейських стандартів. Для розглядуваного об'єкта ці нормативи визначають підхід до теплотехнічних розрахунків, методику вибору VRF-системи, вимоги до монтажу та оцінки її енергоефективності, формуючи надійний фундамент для наступних етапів дослідження.

1.8. Висновки до розділу

У першому розділі було розглянуто основні принципи роботи систем опалення та кондиціонування, сучасні технологічні рішення у цій сфері, а також чинну нормативну базу, що регулює їх застосування. Аналіз показав, що вибір інженерної системи для будівлі не може бути випадковим або здійсненим лише за одним параметром. Він має спиратися на розуміння того, як технічні характеристики обладнання поєднуються з кліматичними умовами, теплотехнічними властивостями будівлі та вимогами щодо енергоефективності.

Огляд існуючих технологій дав змогу визначити ключові фактори, які впливають на ефективність роботи систем опалення й кондиціонування. Зокрема, це сезонна зміна температур, теплові втрати будівлі, можливість зонального регулювання, вплив вологості, а також нормативні обмеження, що стосуються безпеки, застосування холодоагентів і рівня енергоспоживання. Усі ці аспекти потребують комплексної оцінки перед тим, як перейти до вибору конкретної технології для досліджуваного об'єкта.

		Ничипорук С.		1.12.25	00. КМР 142.003.015.ПЗ	Архум
		Рябчук О.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Розгляд екологічних та енергетичних вимог показав, що сучасні системи мають не лише забезпечувати належний рівень теплового комфорту, а й відповідати стандартам у сфері зменшення викидів парникових газів та підвищення енергоефективності. З огляду на прагнення України до інтеграції з європейським ринком і виконанням міжнародних екологічних зобов'язань, питання ефективності інженерних систем стає не лише технічним, а й стратегічним завданням.

Також було проаналізовано основні нормативні документи України та міжнародні стандарти, які визначають вимоги до проєктування та експлуатації систем тепlopостачання і кондиціонування. Вони створюють базу, на яку спираються всі подальші розрахунки та обґрунтування. Нормативи щодо теплової ізоляції, будівельної кліматології та енергетичних характеристик дозволяють коректно визначити теплові навантаження, що є важливим етапом до правильного вибору системи.

Отже, підсумовуючи викладений у першому розділі матеріал, можна зазначити, що він сформував необхідну теоретичну основу для проведення теплотехнічного розрахунку будівлі та подальшої оцінки різних можливих систем опалення й кондиціонування. Наступний розділ буде присвячений визначенню тепловтрат та інших характеристик досліджуваного об'єкта, що дозволить перейти від теоретичного огляду до практичного обґрунтування вибору найбільш ефективної інженерної системи.

		Ничипорук С.		1.12.25	00. КМР 142.003.015.ПЗ	Архум
		Рябчук О.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2. ТЕПЛОТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК БУДІВЛІ

2.1. Загальна характеристика будівлі та вихідні дані для теплотехнічного розрахунку

У таблиці (Таблиця 1) представлено узагальнені вихідні дані, необхідні для виконання теплотехнічного розрахунку будівлі та подальшого визначення розрахункових теплових навантажень.

До складу вихідної інформації включено кліматичні параметри згідно з ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія» [2], нормативні внутрішні температури відповідно до ДБН В.2.5-67:2013 [1], основні архітектурно-планувальні характеристики об'єкта, конструктивні рішення огорожувальних елементів, а також експлуатаційні та технічні вимоги, що мають вплив на тепловий баланс будівлі.

Таблиця 1. ВИХІДНІ ДАНІ. Архітектурно-будівельні характеристики адміністративної будівлі з лабораторними приміщеннями

№ з/п	Перелік основних відомостей і вимог	Зміст основних відомостей і вимог
	Назва	Адміністративна будівля з лабораторними приміщеннями
	Адреса	м. Київ, вул. Володимирська, 68.
	Функціональне призначення	Адміністративні та офісні приміщення, лабораторні приміщення з технологічним обладнанням, допоміжні приміщення
	Режим роботи	8:00–20:00, 5 днів/тиждень
	Кліматичні дані	Згідно діючих норм ДСТУ-НБВ.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія»: Розрахункова температура зовнішнього повітря для опалення: -22°C (Київ). Середньодобова температура за опалювальний пер: $-0,1^{\circ}\text{C}$. Тривалість опалювального періоду: 176 діб. Температура найбільш холодної п'ятиденки: -24°C .
	Нормативні внутрішні температури	Офіси: $+20\dots+22^{\circ}\text{C}$ Лабораторії: $+16+20^{\circ}\text{C}$ Коридори: $+16\dots+18^{\circ}\text{C}$ Санвузли: $+18\dots+22^{\circ}\text{C}$ Технічні приміщення: $+10\dots+16^{\circ}\text{C}$
	Огороджувальні конструкції	Стіни Матеріал зовнішніх стіни червона повнотіла цегла М-125, $b=500\text{ мм}$ Утеплення стін: мінеральна вата SWEETONDALE ТЕРМОВУЛ ФАС ОПТИМА 150 мм

		Ничипорук С.		1.12.25	00. КМР 142.003.015.ПЗ	Аржум
		Рябчук О.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

		<p>Фасадна система: вентильований фасад Покрівля / перекриття: бетонні плити Товщина утеплювача покрівлі 250мм (Базальтова вата SWEETONDALE AKUSTIK THERMOWOOL BLOCK STANDARD 45 + SWEETONDALE ТЕРМОВУЛ ФАС ОПТИМА 150 мм) Вид покрівлі: плоска Вікна та світлопрозорі конструкції Тип склопакету: 3-камерний Площа вікон згідно поверхових планів</p> <p>Орієнтація фасадів: лицьовий фасад -схід; тилловий фасад -захід</p> <p><i>Площа вікон згідно поверхових планів Додаток А</i></p>					
	Планувальні рішення	<p>Існуюча адмін. будівля загальна площа 9.1 тис м2 плюс технічний поверх 1,3 тис м2, яка складається з:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Цокольний поверх (0) – вхідна група, фойє, ділянка прийомки сировини та зразків, технічні приміщення 2. Поверх 1 – розміщення співвласників будівлі, орендарів (не підлягає модернізації в об'ємі даного проектування) 3. Поверх 2 - розміщення співвласників будівлі, орендарів (не підлягає модернізації в об'ємі даного проектування) 4. Поверх 3 – офісний простір типу OPEN SPACE, калібрувальна лабораторія, побутові приміщення 5. Поверх 4 – аграрно-хімічна лабораторія, побутові приміщення 6. Поверх 5 – біологічна лабораторія, побутові приміщення 7. Поверх 6 – фізико-хімічна лабораторія, побутові приміщення 8. Поверх 7 – технічні інженерні приміщення: ліфтова, вент. камера, тощо. <p>Висота кожного поверху h=3,300м.</p> <p><i>Архітектурно-планувальні рішення, геометричні розміри приміщень та площі огорожувальних конструкцій визначено на основі поверхових планів будівлі, наведених у Додатку А.</i></p>					
	Внутрішні тепловиділення	<p>Люди: на кожний робочий кабінет 2 працівники, робота середньої важкості Офісна техніка та технологічне обладнання: 1,2 кВт на кожні 10м2 площі приміщення</p>					
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		00. КМР 142.003.015.ПЗ	Аркуш

		Освітлення: 150 Вт на кожні 10м ² площі приміщення
	Особливі вимоги	<p>Рівень шуму від зовнішнього та внутрішніх блоків повинен відповідати санітарним нормам (не більше 45 дБ усередині приміщень).</p> <p>Тепловий насос має забезпечувати коефіцієнт продуктивності (COP) не менше 3,0 у режимі опалення. Обладнання має бути інверторного типу для оптимізації енергоспоживання.</p> <p>Використовувати обладнання з класом енергоефективності не нижче А+.</p> <p>Система має забезпечувати низьке енергоспоживання, особливо в режимах часткового навантаження.</p> <p>Передбачити можливість рекуперації тепла, в перехідний період року, при обслуговуванні приміщень з різними теплонадходженнями в тому числі від технологічного обладнання та теплонадходжень з сонячною радіацією.</p> <p>Внутрішні блоки однієї системи повинні забезпечувати можливість одночасної роботи в різних режимах (охолодження/обігрів) для забезпечення оптимального мікроклімату в приміщеннях із різними тепловими потребами.</p> <p>Система повинна автоматично регулювати режими роботи внутрішніх блоків залежно від температурних вимог кожного приміщення.</p> <p>Теплонадлишки в приміщеннях асимілюються за рахунок охолодження повітря в припливних установках та додаткового встановлення мульти-зональної системи кондиціонування, з функцією тепловий насос, внутрішні блоки касетного, каналного або настінного типу, вибрати в залежності від зонування приміщень.</p> <p>Холодоносієм передбачити озонобезпечний фреон R-410A (R32).</p> <p>Зовнішні блоки системи кондиціонування, з повітряним охолодженням, встановити на покрівлю будівлі.</p>

Наведені параметри охоплюють геометрію будівлі, перелік поверхів, що входять у теплотехнічний розрахунок (цокольний поверх, 3-й, 4-й, 5-й та 6-й поверхи), їх функціональне призначення, структуру огорожувальних конструкцій, типи та товщини матеріалів, характеристики теплоізоляції та світлопрозорих конструкцій. Окремо враховано внутрішні тепловиділення від людей, офісного та лабораторного обладнання, систем освітлення та

		Ничипорук С.		1.12.25	00. КМР 142.003.015.ПЗ	Архум
		Рябчук О.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

технологічних процесів, що забезпечує коректність подальшого формування теплового балансу приміщень.

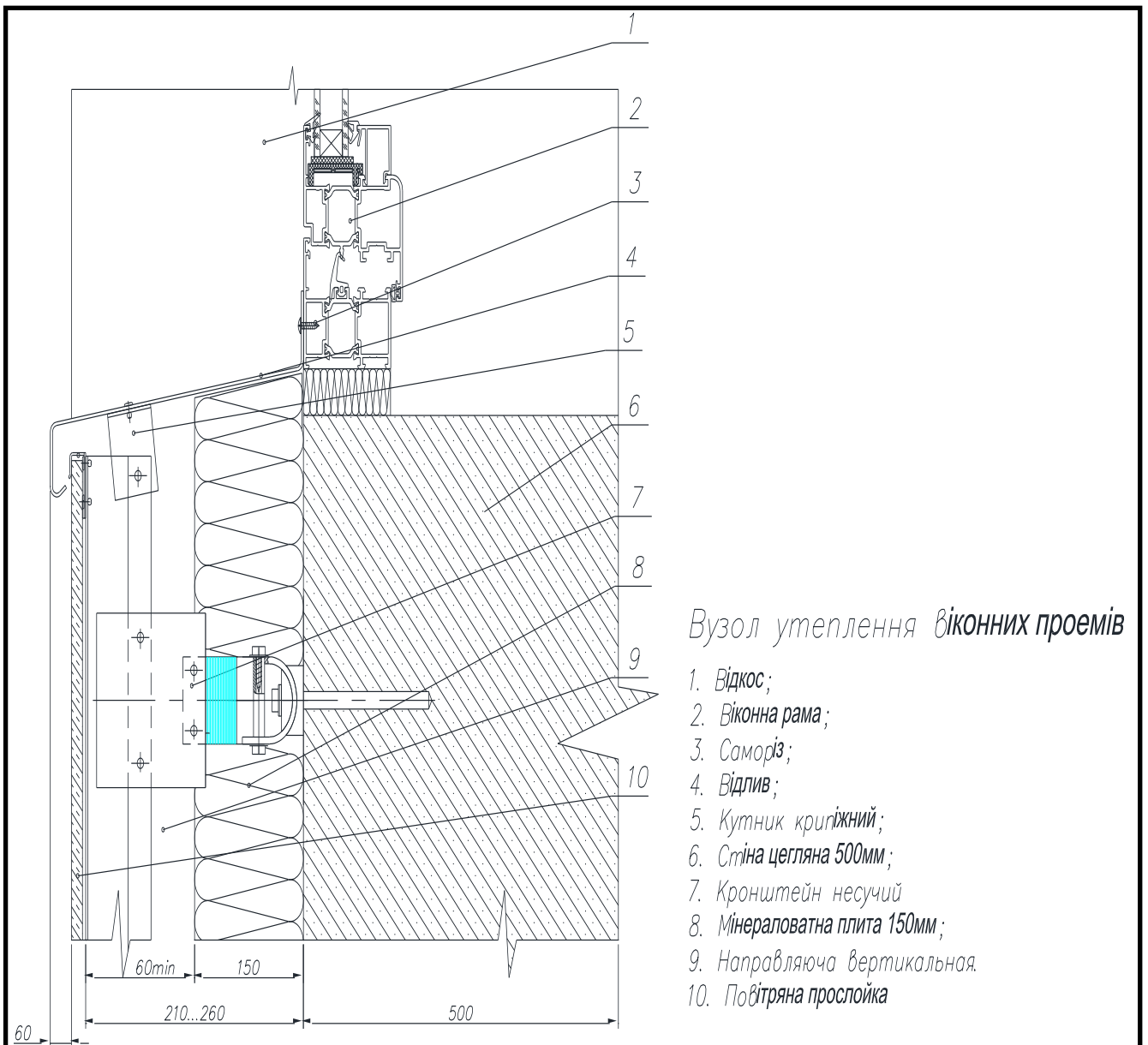
Усі ці дані формують методичну основу для розрахунку опорів теплопередачі огорожувальних конструкцій, визначення тепловтрат через зовнішні огорожі та інфільтрацію, а також для остаточного визначення теплового навантаження будівлі в умовах розрахункових температур.

2.2. Теплотехнічні характеристики огорожувальних конструкцій та вихідні параметри для розрахунку тепловтрат

Для коректного визначення тепловтрат будівлі необхідно задати теплотехнічні властивості всіх огорожувальних конструкцій, а також нормативні параметри теплообміну, що використовуються при розрахунках. Огорожувальні конструкції адміністративної будівлі включають зовнішні стіни, світлопрозорі прорізи (вікна), покрівлю, перекриття над технічними та неопалюваними приміщеннями, а також інші елементи, що відокремлюють опалювані об'єми від зовнішнього середовища. У цьому підрозділі узагальнено всі вихідні дані та теплотехнічні характеристики, необхідні для подальших розрахунків опору теплопередачі та визначення тепловтрат.

Зовнішні стіни будівлі виконані з повнотілої червоної цегли товщиною 500 мм та додатково утеплені шаром мінераловатних плит товщиною 150 мм. Зовнішнє опорядження реалізовано через вентиляований фасад, що передбачає наявність повітряного прошарку між утеплювачем та облицюванням (мал 1.). Така конструкція забезпечує значну теплову інерційність, підвищений опір теплопередачі та стабільність теплових характеристик упродовж усього опалювального періоду.

		Ничипорук С.		1.12.25	00. КМР 142.003.015.ПЗ	Архум
		Рябчук О.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		




Мал. 1. Піріг зовнішньої стіни

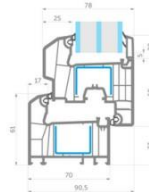
Покрівля будівлі є плоскою, виконаною по залізобетонних плитах перекриття, утепленою мінеральною ватою товщиною 250 мм. Це забезпечує приведений опір теплопередачі, який відповідає сучасним вимогам ДБН В.2.6-31:2021 для громадських будівель у кліматичних умовах м. Києва.

Світлопрозорі огороження будівлі виконано на базі профільної системи Engineer (WDS) 70 з трикамерним склопакетом шириною 40 мм. Згідно з технічним паспортом виробника, для віконного блоку приймаються такі теплотехнічні характеристики:

		Ничипорук С.		1.12.25	00. КМР 142.003.015.ПЗ	Архум
		Рябчук О.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

 <p>Engineer (WDS) 70</p>	• Кількість камер, шт:	7/6
	• Монтажна ширина, мм:	70
	• Ширина склопакету, мм:	40
	• Армування	ПОСИЛЕНЕ п-образное

$U_w = 1,6 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$ $R_{np} = 0,63 \text{ м}^2\cdot\text{К/Вт}$



Тип склопакету: 3-камерний



енергоефективне скло

40 мм

40 мм 4-10-4-10-4i

$$U_w = 1,6 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}), \quad R_w = 0,63 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}.$$

У подальших розрахунках тепловтрат через вікна використовується формула

$$Q_{\text{вікна}} = U_w \cdot A_{\text{вікна}} \cdot \Delta T,$$

де $A_{\text{вікна}}$ – сумарна площа світлопрозорих конструкцій,

ΔT – різниця температур внутрішнього та зовнішнього повітря.

U_w – коефіцієнт теплопередачі віконного блоку;

У розрахунках опору теплопередачі використовується базове співвідношення

$$R = \frac{\delta}{\lambda},$$

де R – термічний опір шару, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$;

δ – товщина шару, м;

λ – коефіцієнт теплопровідності матеріалу, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$.

. Для багатошарових конструкцій загальний опір визначається як сума опорів окремих шарів з урахуванням тепловіддачі на поверхнях:

$$R_{\Sigma} = R_{si} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + R_{se}.$$

У розрахунках тепловтрат через огороження приймаються такі нормативні опори тепловіддачі:

		Ничипорук С.		1.12.25	00. КМР 142.003.015.ПЗ	Архум
		Рябчук О.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- для внутрішньої поверхні стін: $R_{si, ст.} = 0,13 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$;
- для зовнішньої поверхні стін: $R_{se, ст.} = 0,04 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$;
- для внутрішньої поверхні покрівлі: $R_{si, покр.} = 0,10 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$;
- для зовнішньої поверхні покрівлі: $R_{se, покр.} = 0,04 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

Для кожного матеріалу огорожувальної конструкції приймаються такі коефіцієнти теплопровідності:

- цегла повнотіла М-125: $\lambda = 0,81 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;
- мінераловатні плити для фасаду: $\lambda = 0,040 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;
- мінеральна вата покрівельна: $\lambda = 0,038 - 0,040 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;
- залізобетон: $\lambda = 1,70 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Повітряний прошарок вентилязованого фасаду у спрощеному розрахунку враховується додатковим опором:

$$R_{нов.} = 0,15 - 0,18 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$$

Окремо в розрахунках враховується конструкція перекриття над технічним поверхом, що розташований у холодній зоні та не потребує забезпечення нормативного мікроклімату. Це дозволяє коректно визначити тепловтрати нижніх опалюваних поверхів у напрямку неопалюваного простору.

Усі наведені параметри становлять вихідні дані для подальших теплотехнічних обчислень, що дозволять визначити фактичний опір теплопередачі кожного огорожувального елемента та порівняти його з нормативними вимогами ДБН В.2.6-31:2021. Далі виконаємо, покроково, розрахунок опорів теплопередачі та тепловтрат через стіни, покрівлю, перекриття та світлопрозорі конструкції.

2.3. Розрахунок опорів теплопередачі огорожувальних конструкцій

На основі вихідних теплотехнічних параметрів та характеристик матеріалів, виконується покроковий розрахунок приведенного опору теплопередачі основних огорожувальних конструкцій будівлі. Отримані значення будуть використані в подальшому для визначення тепловтрат та формування теплового балансу будівлі.

Розрахунок здійснюється відповідно до вимог ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель» [3], із використанням класичної методики сумування термічних опорів окремих шарів конструкції.

Розрахунок опорів теплопередачі зовнішньої стіни

Зовнішня стіна має багат шарову конструкцію, що складається з несучого шару повнотілої цегли, теплоізоляційного шару з мінераловатних плит та вентилязованого фасаду. Розрахункова схема стіни наведена на відповідній ілюстрації (див. мал 1).

Вихідні дані для розрахунку:

- товщина цегляної кладки:

		Ничипорук С.		1.12.25	00. КМР 142.003.015.ПЗ	Архум
		Рябчук О.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$\delta_1=0,50$ м;

• коефіцієнт теплопровідності цегли:

$\lambda_1=0,81$ Вт/(м²К);

• товщина шару мінераловатного утеплювача:

$\delta_2=0,15$ м;

• коефіцієнт теплопровідності мінеральної вати:

$\lambda_2=0,040$ Вт/(м²К);

• додатковий опір повітряного прошарку вентиляованого фасаду:

$R_{пов.}=0,17$ м²·К/Вт;

• опір тепловіддачі внутрішньої поверхні стіни:

$R_{si}=0,13$ м²·К/Вт;

• опір тепловіддачі зовнішньої поверхні стіни:

$R_{se}=0,04$ м²·К/Вт.

Розрахунок термічних опорів окремих шарів:

Опір теплопередачі цегляного шару:

$$R_1 = \frac{\delta_1}{\lambda_1} = 0,50/0,81 = 0,62 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт.}$$

Опір теплопередачі шару теплоізоляції:

$$R_2 = \frac{\delta_2}{\lambda_2} = 0,15/0,040 = 3,75 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт.}$$

Загальний приведений опір теплопередачі зовнішньої стіни:

$$R_{\Sigma, \text{стіна}} = R_{si} + R_1 + R_2 + R_{пов.} + R_{se}.$$

$$R_{\Sigma, \text{стіна}} = 0,13 + 0,62 + 3,75 + 0,17 + 0,04 = 4,71 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт.}$$

Розрахунок опору теплопередачі покрівлі

Покрівля будівлі виконана по залізобетонних плитах перекриття з теплоізоляційним шаром з мінеральної вати.

Вихідні дані:

• товщина шару утеплювача:

$\delta=0,25$ м;

• коефіцієнт теплопровідності утеплювача:

$\lambda=0,040$ Вт/(м²К);

• опір тепловіддачі внутрішньої поверхні покрівлі:

$R_{si}=0,10$ м²·К/Вт;

• опір тепловіддачі зовнішньої поверхні:

$R_{se}=0,04$ м²·К/Вт.

Розрахунок:

$$R_{\text{утепл}} = 0,25/0,040 = 6,25 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт.}$$

		Ничипорук С.		1.12.25	00. КМР 142.003.015.ПЗ	Аркуш
		Рябчук О.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_{\Sigma, \text{покp}} = R_{\text{сi}} + R_{\text{утепл}} + R_{\text{se}} = 0,10 + 6,25 + 0,04 = 6,39 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Світлопрозорі огорожувальні конструкції

Тепловтрати через вікна визначаються за залежністю:

$$Q_{\text{вік}} = U_w \cdot A_{\text{вік}} \cdot \Delta T,$$

Де:

U_w — коефіцієнт теплопередачі віконного блоку, Вт/(м²·К);

$A_{\text{вік}}$ — сумарна площа вікон (для поверху/зони/будівлі), м²;

ΔT — розрахункова різниця температур між внутрішнім і зовнішнім повітрям ($t_{\text{in}} - t_{\text{out}}$), °С.

2.4. Розрахунок тепловтрат через огорожувальні конструкції будівлі

Для визначення розрахункових тепловтрат будівлі через основні огорожувальні конструкції — зовнішні стіни, покрівлю та світлопрозорі елементи — визначаємо різниці температур між внутрішнім і зовнішнім повітрям ΔT . Для умов м. Києва розрахункова температура зовнішнього повітря для опалювального періоду прийнята -22 °С, а усереднена розрахункова температура внутрішнього повітря для основних приміщень будівлі — $+18$ °С

Відповідно розрахункова різниця температур становить:

$$\Delta T = t_{\text{in}} - t_{\text{out}} = 18 - (-22) = 40 \text{ °С.} \quad (1)$$

Надалі ця величина використовується однаково для всіх зовнішніх огорожувальних конструкцій, що обмежують опалюваний об'єм.

2.4.1. Тепловтрати через зовнішні стіни

Для зовнішніх стін у попередньому розділі визначено приведений опір теплопередачі:

$$R_{\Sigma, \text{стіна}} = 0,13 + 0,62 + 3,75 + 0,17 + 0,04 = 4,71 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт.}$$

Питомі тепловтрати через 1 м² зовнішньої стіни визначаємо за формулою:

$$q_{\text{стіна}} = \frac{\Delta T}{R_{\Sigma, \text{стіна}}}, \text{ Вт/м}^2. \quad q_{\text{стіна}} = 40 / 4,71 \approx 8,49 \text{ Вт/м}^2 \quad (2)$$

Тоді повні тепловтрати через зовнішні стіни будівлі:

$$Q_{\text{стіна}} = q_{\text{стіна}} \times A_{\text{стіна}} = \frac{\Delta T}{R_{\Sigma, \text{стіна}}} \cdot A_{\text{стіна}}$$

де $A_{\text{стіна}}$ — сумарна площа всіх зовнішніх стін опалювального приміщення, м². Значення $A_{\text{стіна}}$ визначається за поверховими планами будівлі та зведено в таблиці опалювальних приміщень, табл.2.

2.4.2. Тепловтрати через покрівлю

Для покрівлі отримано приведений опір теплопередачі:

		Ничипорук С.		1.12.25	00. КМР 142.003.015.ПЗ	Аркуш
		Рябчук О.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_{\Sigma, \text{покр}} = 6,39 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

Питомі тепловтрати через 1 м² покрівлі:

$$q_{\text{покр}} = \frac{\Delta T}{R_{\Sigma, \text{покр}}} = 40/6,39 = 6,26 \text{ Вт}/\text{м}^2$$

Повні тепловтрати через покрівлю визначаються:

$$Q_{\text{покр}} = q_{\text{покр}} \cdot \frac{\Delta T}{R_{\Sigma, \text{покр}}} \cdot A_{\text{покр}} = \dots \cdot A_{\text{покр}};$$

де $A_{\text{покр}}$ — площа покрівлі над опалюваним приміщенням, м².

2.4.3. Тепловтрати через світлопрозорі огорожувальні конструкції

Для світлопрозорих конструкцій (вікон) застосовується методика розрахунку за коефіцієнтом теплопередачі віконного блоку, заданим виробником.

$$U_w = 1,6 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Тепловтрати через вікна визначаються за формулою:

$$Q_{\text{вікна}} = U_w \cdot A_{\text{вікна}} \cdot \Delta T,$$

$$Q_{\text{вік}} = 1,6 \cdot 40 = 64 \text{ Вт}/\text{м}^2$$

Отже, повні тепловтрати через вікна:

$$Q_{\text{вік}} = 64 \cdot A_{\text{вік}}.$$

2.4.4. Узагальнення тепловтрат через огородження

Сумарні тепловтрати через огорожувальні конструкції будівлі визначаються як сума втрат через стіни, покрівлю, вікна (та, за необхідності, інші елементи — двері, перекриття над неопалюваними приміщеннями):

$$Q_{\text{огор}} = Q_{\text{стіна}} + Q_{\text{покр}} + Q_{\text{вік}} + Q_{\text{інш.}},$$

Після підстановки значень площ $A_{\text{стіна}}$, $A_{\text{покр}}$, $A_{\text{вік}}$ отримані числові значення тепловтрат для кожного приміщення заносимо в таблицю 2.

На її базі визначаємо сумарне значення для опалюваного об'єму будівлі.

2.5.5. Приклад розрахунку тепловтрат

Як приклад розрахунку тепловтрат розглянемо приміщення 311 «Відкритий простір», на третьому поверсі будівлі.

Вихідні дані для приміщення 311 наведені в таблиці 2:

- найменування: відкритий простір;
- поверх: 3;
- площа приміщення:

$$S = 75,22 \text{ м}^2;$$

- площа зовнішніх стін:

$$A_{\text{стіни}} = 12,87 \text{ м}^2;$$

		Ничипорук С.		1.12.25	00. КМР 142.003.015.ПЗ	Аржум
		Рябчук О.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- площа вікон:

$A_w=13,88 \text{ м}^2$; орієнтація: Захід;

- висота приміщення:

• $h=3,3 \text{ м}$.

Розрахункові температури для будівлі прийнято за формулою (1):

$\Delta T=40 \text{ С}$.

Коефіцієнти теплопередачі огорожень:

- для зовнішніх стін:

$U_{\text{стіна}}=0,212 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

- для віконного блоку:

$U_w=1,6 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Оскільки приміщення 311 розташоване на третьому (проміжному) поверсі, тепловтрати через перекриття над приміщенням не враховуються, а підлога межує з опалюваним об'ємом (нижчим поверхом), тому втрати через підлогу також не розраховуються.

Розрахунок тепловтрат через зовнішні стіни

Питомі тепловтрати через площу стіни:

$q_{\text{стіна}}= U_{\text{стіна}} \cdot \Delta T=0,212 \cdot 40=8,48 \text{ Вт}/\text{м}^2$.

Повні тепловтрати через зовнішні стіни приміщення:

$Q_{\text{стіна}}= q_{\text{стіна}} \cdot A_{\text{стіни}}=8,48 \cdot 12,87 \approx 109,1 \text{ Вт}$.

.Розрахунок тепловтрат через вікна

Питомі тепловтрати через вікна:

$q_w=U_w \cdot \Delta T=1,6 \cdot 40=64 \text{ Вт}/\text{м}^2$.

Повні тепловтрати через світлопрозорі конструкції приміщення 311:

$Q_{\text{вікна}}=q_w \cdot A_w=64 \cdot 13,88 \approx 888,3 \text{ Вт}$.

Сумарні тепловтрати приміщення 311 визначаються як сума втрат через стіни та вікна:

$Q_{\text{прим}}=Q_{\text{стіна}}+Q_{\text{вікна}} \approx 109,1+888,3 \approx 997,4 \text{ Вт}$.

З урахуванням коефіцієнта запасу $k_{\text{зап}}=1,1$:

$Q_{\text{розр}}=1,05 \cdot Q_{\text{прим}} \approx 1,1 \cdot 997,4 \approx 1096 \text{ Вт}$.

Отже, розрахункове теплове навантаження приміщення 311 «Відкритий простір» приймається: 1,1 кВт.

Таблиця 2 – Параметри опалюваних приміщень. Зведена таблиця тепловтрат.

№ прим.	Найменування приміщення	поша прим. м2	площа зовнішніх стін м2	площа вікон м2	Q стіни, Вт	Q вікна, Вт	Q інф., Вт	Тепловтр. приміщ. Вт
цокольний поверх								
101	Кімната 1	24,9	6,44	6,94	55	444	330	912
		Ничипорук С.		1.12.25	00. КМР 142.003.015.ПЗ			Аржуш
		Рябчук О.						
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				

102	Кімната 2	25,5	6,44	0,00	55	0	339	432	
103	Кімната 3	19,9	3,22	6,94	27	444	264	809	
104	Кімната 4	12,3	10,40	0,00	88	0	163	277	
106	Кімната 6	19,0	3,22	6,94	27	444	252	796	
106	Кімната 6	9,7	0,00	0,00	0	0	129	141	
107.1	Санвузол	1,6	0,00	0,00	0	0	22	24	
107.2	Санвузол	2,0	0,00	0,00	0	0	26	29	
108	Душова	3,0	0,00	0,00	0	0	40	44	
109	Кімната 9	22,1	12,38	3,34	105	214	293	672	
110		59,1	31,75	0,00	269	0	784	1159	
111		15,2	9,47	0,00	80	0	202	310	
3-й поверх									
301	Кімната сервісного інженера	35,4	6,44	6,94	55	444	470	1065	
302	Ліфтовий хол	33,1	3,22	6,94	27	444	439	1002	
303	Кімната сервісного інженера	37,2	6,44	6,94	55	444	493	1091	
304	Санвузол Ж	16,4	9,65	13,88	82	888	217	1306	
305		37,2	6,44	6,94	55	444	493	1091	
306	Коридор	13,7	3,22	3,47	27	222	182	475	
307		58,0	12,87	13,88	109	888	769	1944	
308		11,9	0,00	0,00	0	0	157	173	
309	Коридор	83,9	0,00	0,00	0	0	1113	1224	
310	Ідальня	73,2	12,87	13,88	109	888	971	2165	
311	Відкритий простір	75,2	12,87	13,88	109	888	998	2195	
312	Роздягалка лабораторії	26,4	3,22	3,47	27	222	351	660	
313	Комунаційна	4,8	3,22	3,47	27	222	64	345	
314	Роздягальня клінінгу	24,0	6,44	6,94	55	444	319	899	
315	Комора клінінгу	10,8	0,00	0,00	0	0	143	158	
316	Санвузол Ч	17,3	3,22	3,47	27	222	229	527	
317	Комора	3,6	3,22	0,00	27	0	48	82	
318	Сходи	36,1	6,44	6,94	55	444	479	1076	
319	Коридор	83,7	0,00	0,00	0	0	1110	1221	
320	Керівник відділу УЛК	23,9	6,44	6,94	55	444	317	897	
321	Керівник УЛК	36,6	6,44	6,94	55	444	486	1083	
322	Завідувач КЛ	24,8	6,44	6,94	55	444	329	910	
323	ChatRoom	5,6	0,00	0,00	0	0	75	82	
324	ChatRoom	5,6	0,00	0,00	0	0	75	82	
325	Робочі місця	73,9	12,87	13,88	109	888	981	2176	
326	Керівник ВТЦ	35,8	6,44	6,94	55	444	475	1071	
327	Кабінет науковців	24,5	6,44	6,94	55	444	325	906	
328	Переговорна	37,1	6,44	6,94	55	444	492	1090	
329	Переговорна	37,2	6,44	6,94	55	444	494	1092	
330	Допоміжне приміщення	35,9	6,44	6,94	55	444	476	1073	
331	Комора	3,6	3,22	0,00	27	0	47	82	
332	Сходи	36,1	6,44	6,94	55	444	479	1076	
333	Ліфтовий хол	33,1	3,22	6,94	27	444	439	1002	
4-й поверх									
		Ничипорук С.		1.12.25	00. КМР 142.003.015.ПЗ				Аржуш
		Рябчук О.							
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

401	Санвузол	15,6	9,65	13,88	82	888	207	1295	
402	Склад господарських товарів, витратних матеріалів та інвентарю	18,1	3,22	3,47	27	222	239	538	
403	Роздягалка Ж	15,2	3,22	3,47	27	222	201	496	
404	Душова Ж	2,0	0,00	0,00	0	0	26	28	
405	Роздягалка Ч	15,2	9,65	13,88	82	888	201	1289	
406	Душова Ч	2,0	0,00	0,00	0	0	26	28	
407	Пробопідготовка	21,4	0,00	0,00	0	0	284	312	
407.1	Пробопідготовка	6,7	3,22	3,47	27	222	89	373	
407.2	Пробопідготовка	9,9	6,44	3,47	55	222	131	448	
408	СФМ	35,2	6,44	6,94	55	444	467	1063	
409	Технічна лабораторія (зерно, насіння, рослини)	40,1	6,44	6,94	55	444	532	1134	
410	Пробопідготовка для СФМ	37,8	6,44	6,94	55	444	501	1099	
411	Кабінет завідуючого АХЛ	20,5	6,44	6,94	55	444	272	848	
412	Мокра хімія	74,2	12,87	13,88	109	888	984	2180	
413	Зона для нарад	14,0	0,00	0,00	0	0	186	204	
414	Муфельна	21,4	6,44	6,94	55	444	283	860	
415	Офіс для працівників	15,1	3,22	3,47	27	222	201	495	
416	Прекурсорна	10,0	0,00	0,00	0	0	133	146	
417	Коридор	13,7	3,22	3,47	27	222	182	475	
418	Тамбур	6,5	0,00	0,00	0	0	86	95	
419	Коридор	69,8	0,00	0,00	0	0	926	1019	
420	Сходи	36,1	6,44	6,94	55	444	479	1076	
421	Ліфтовий хол	36,9	6,44	6,94	55	444	490	1088	
422	Санвузол	15,8	3,22	3,47	27	222	210	505	
423	Вагова	31,6	3,22	6,94	27	444	420	980	
5-й поверх									
500	Склад реактивів, поживних середовищ та витратних матеріалів	35,5			0	0	471	518	
501	Санвузол	15,6			0	0	207	228	
502	Пральня	18,1			0	0	239	263	
503	Пробопідготовка	10,2	0,00	0,00	0	0	135	149	
504	Пробопідготовка	10,1	0,00	0,00	0	0	134	147	
505	Коридор. Відділ ПЛР досліджень	7,1	0,00	0,00	0	0	94	103	
506	Коридор. Відділ ПЛР досліджень	7,1	0,00	0,00	0	0	94	103	
507	Душова	4,1	0,00	0,00	0	0	54	60	
508	Душова	4,1	0,00	0,00	0	0	54	60	
509	Передбоксник	6,8	0,00	0,00	0	0	90	99	
510	Передбоксник	6,3	0,00	0,00	0	0	83	92	
511	Пробопідготовка	17,6	6,44	6,94	55	444	234	806	
		Ничипорук С.		1.12.25	00. КМР 142.003.015.ПЗ				Аржун
		Рябчук О.							
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

512	Кімната для виділення НК	17,6	6,44	6,94	55	444	234	806
513	Передбоксник	5,7	0,00	0,00	0	0	75	83
514	Передбоксник	6,0	0,00	0,00	0	0	80	88
515	Ампліфікаційна	17,8	6,44	6,94	55	444	235	808
516	Ампліфікаційна	17,8	6,44	6,94	55	444	235	808
517	Передбоксник	7,0	0,00	0,00	0	0	93	103
517а	Прозекторська	11,9	0,00	0,00			157	173
517б	Пробопідготовка	19,4	6,44	6,94			257	283
518	Пробопідготовка	20,1	0,00	0,00	0	0	266	293
518а	Бокс дослідження ґрунтів	20,1	6,44	6,94			266	293
519	Інкубація	17,2	6,44	6,94	55	444	228	800
520	Кімната тестування поживних середовищ та дез.газів	33,7	6,44	6,94	55	444	447	1040
521	Знезаражувальна	17,3	0,00	0,00	0	0	230	253
522	Музей культур	17,3	6,44	6,94	55	444	230	801
523	Передбоксник	5,5	0,00	0,00	0	0	72	80
523а	Бактеріологічна	30,6	6,44	6,94			405	446
524	Мийна	15,9	0,00	0,00	0	0	211	232
525	Пробопідготовка	9,4	0,00	0,00	0	0	125	137
525а	Мікологічна	15,5	6,44	6,94			205	226
525б	Інкубаційна	5,6	0,00	0,00			74	82
526	Стерилізаційна	30,6	6,44	6,94	55	444	406	995
527	Мийна	21,1	0,00	0,00	0	0	280	308
528	Кімната приготування поживних середовищ	29,9	6,44	6,94	55	444	397	986
529	Знезаражувальна	17,5	6,44	6,94	55	444	232	804
530	Бокс розлив поживних середовищ	15,5	0,00	0,00	0	0	205	226
531	Бактеріологічна	37,1	6,44	6,94	55	444	492	1090
532	Робочі місця	69,5	12,87	13,88	109	888	922	2111
533	Передбоксник	7,8	0,00	0,00	0	0	103	113
533а	Інкубаційна	26,8	6,44	6,94			355	391
534	Кабінет керівника	14,3			0	0	190	209
535	Кімната прийому та зберігання зразків	14,0	0,00	0,00	0	0	186	204
536	Зона для нарад	13,8	0,00	0,00	0	0	182	201
537	Пробопідготовка	21,9	6,44	6,94	55	444	290	867
545	Сходи	36,1	6,44	6,94	55	444	479	1076
546	Ліфтовий хол	28,6	0,00	0,00	0	0	379	417
547	Коридор	139,8			0	0	1854	2040
548	Сходи	36,1			0	0	479	527
549	Ліфтовий хол	36,9	6,44	6,94	55	444	490	1088
550	Коридор	13,7			0	0	182	201
551	Коридор	19,2	0,00	0,00	0	0	254	280
552	Роздягалка Ж (6-й поверх)	28,1	6,44	6,94	55	444	373	959

		Ничипорук С.		1.12.25	00. КМР 142.003.015.ПЗ			Аркуш
		Рябчук О.						
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				

553	Душова Ж (6-й поверх)	4,2			0	0	56	62	
554	Вбиральня Ж	7,4	0,00	0,00	0	0	98	107	
555	Вбиральня Ж	7,2	0,00	0,00	0	0	96	106	
556	Роздягалка Ж (5-й поверх)	30,4			0	0	403	443	
557	Душова Ж (5-й поверх)	9,0			0	0	119	131	
558	Роздягалка/чиста Ж (5-й поверх)	40,5	23,02	6,94	195	444	537	1294	
559	Роздягалка Ч	15,0	0,00	0,00	0	0	199	219	
560	Душова Ч	3,9	0,00	0,00	0	0	52	57	
561	Роздягалка/чиста Ч	5,6	0,00	0,00	0	0	74	81	
562	Роздягалка/чиста Ч	18,0	12,87	13,88	109	888	239	1360	
563	Тамбур/шлюз	8,9			0	0	118	129	
6-й поверх									
600	Прекурсорний склад	9,6	0,00	0,00	0	0	127	140	
601	Витратний склад	17,6	3,22	3,47	27	222	234	532	
602	Склад реактивів	25,2	16,09	6,94	136	444	335	1007	
603	Санвузол	15,6	9,65	10,41	82	666	207	1051	
604	Муфельна	28,3	6,44	6,94	55	444	375	962	
605	Лабораторія ІФА	33,3	6,44	6,94	55	444	442	1034	
606	Фізико-хімічна лабораторія	90,8	19,31	13,88	164	888	1204	2482	
607	Кімната підготовки зразків	37,6	6,44	6,94	55	444	499	1098	
608	Мийна	28,8	6,44	6,94	55	444	382	969	
609	Підготовка проб СФМ	22,7	6,44	6,94	55	444	301	879	
610	Пробопідготовка проб хроматографія	38,3	6,44	6,94	55	444	508	1108	
611	Вагова	14,4	0,00	0,00	0	0	190	209	
612	Підготовка проб хроматографія	54,2	6,44	13,88	55	888	719	1828	
613	Спектрофотометрична лабораторія	37,2	6,44	6,94	55	444	493	1091	
614	Вагова	11,6	0,00	0,00	0	0	154	169	
615	Кімната персоналу	34,6	6,44	6,94	55	444	459	1053	
616	Технічне приміщення	7,9	3,22	0,00	27	0	105	145	
617	Кімната персоналу	12,0	0,00	0,00	0	0	159	174	
617.1	Кабінет керівника лабораторії	19,8	6,44	6,94	55	444	262	837	
618	Лабораторія хроматографії	110,8	19,31	10,41	164	666	1470	2530	
619	Кімната персоналу	78,4	12,87	13,88	109	888	1040	2241	
620	Підготовка проб ГХ	37,2	6,44	6,94	55	444	493	1091	
621	Тамбур	7,2	0,00	0,00	0	0	95	105	
622	Вагова	5,7	0,00	0,00	0	0	75	83	
623	Мийна контаміанти	20,5	6,44	6,94	55	444	271	847	
631	Коридор	139,8	0,00	0,00	0	0	1854	2040	
632	Сходи	36,1	6,44	6,94	55	444	479	1076	
		Ничипорук С.		1.12.25	00. КМР 142.003.015.ПЗ				Аржун
		Рябчук О.							
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					

633	Ліфтовий хол	36,9	6,44	6,94	55	444	490	1088
634	Сходи	36,1	6,44	6,94	55	444	479	1076
635	Ліфтовий хол	36,9	6,44	6,94	55	444	490	1088
Загальні тепловтрати всіх опалювальних приміщень , Вт								114567

2.6. Зведення розрахункових тепловтрат будівлі

На основі вихідних даних по приміщеннях (табл. 2) та методики, наведеної у підрозділі 2.5, було виконано розрахунок тепловтрат для кожного опалюваного приміщення будівлі. Для цього використано площі зовнішніх стін та світлопрозорих конструкцій, розрахункову різницю температур ΔT , а також коефіцієнти теплопередачі огороджувальних конструкцій, визначені в попередніх підрозділах.

Розрахункові значення тепловтрат окремих приміщень зведено у таблицю 2

За результатами розрахунку отримано:

$$Q_{\text{буд}} \approx 112,7 \text{ кВт.}$$

Для подальших розрахунків доцільно прийняти розрахункове теплове навантаження будівлі на рівні:

$$Q_{\text{буд}} \approx 113 \text{ кВт.}$$

Отримане значення сумарного теплового навантаження будівлі є вихідною величиною для підбору теплового насоса (або групи теплових насосів / VRF-систем

		Ничипорук С.		1.12.25	00. КМР 142.003.015.ПЗ	Архум
		Рябчук О.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ МОЖЛИВИХ ВАРІАНТІВ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ ТА КОНДИЦІОНУВАННЯ БУДІВЛІ

3.1. Особливості об'єкта, які впливають на вибір інженерної системи

Адміністративна будівля, що розглядається, характеризується багатоповерховою структурою, різними за призначенням приміщеннями та наявністю технічного поверху для розміщення інженерного обладнання. Режим експлуатації споруди передбачає постійну присутність персоналу, що вимагає забезпечення стабільних температурних умов і можливості точного регулювання параметрів мікроклімату в окремих зонах будівлі.

Однією з ключових особливостей є **відсутність можливості підключення до системи централізованого теплопостачання**, а також відсутність газопостачання, що обмежує використання традиційних котельних установок. Будівля має значні площі застаклювання, що підвищує чутливість до зовнішніх кліматичних коливань та висуває підвищені вимоги до енергоефективності інженерних систем.

Крім того, у контексті сучасної енергетичної ситуації України, що супроводжується ризиками дефіциту електричної енергії та зниженням стабільності теплової інфраструктури, важливо враховувати здатність системи працювати ефективно в умовах обмеженої доступної потужності та при низьких температурах зовнішнього повітря.

3.2. Аналіз варіантів систем теплопостачання та холодопостачання

З урахуванням обмежень об'єкта можуть бути розглянуті такі варіанти систем:

Електричний котел із водяною системою опалення

Є технічно можливим рішенням, однак характеризується високими експлуатаційними витратами та низькою енергоефективністю при виробництві тепла. Крім того, така система не забезпечує охолодження, що потребувало б встановлення окремої системи кондиціонування.

Газові та дизельні котельні установки

Через відсутність підведення газу та обмеження щодо встановлення резервних теплоджерел на рідкому паливі дане рішення є недоцільним для даної будівлі.

Електричні системи прямого нагріву (конвектори, інфрачервоні панелі)

Такі системи є простими у монтажі, проте їх використання у багатоповерхових офісних будівлях обмежене низькою енергоефективністю, відсутністю можливості централізованого керування та неможливістю інтеграції з системою холодопостачання.

Теплові насоси типу «повітря–вода»

		Ничипорук С.		1.12.25	00. КМР 142.003.015.ПЗ	Аржум
		Рябчук О.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Дають можливість забезпечити опалення та охолодження будівлі через водяні системи, однак потребують значних площ під теплотехнічне обладнання, гідравлічні розподільчі колектори, насосні групи та інші елементи інфраструктури. Для існуючої будівлі з обмеженим простором технічних приміщень це є вагомим фактором.

Теплові насоси типу «повітря–повітря» (у тому числі VRF/VRV-системи)

Забезпечують опалення та охолодження на основі перерозподілу тепла та роботи в реверсивному циклі. Для багатоповерхових адміністративних будівель цей варіант є конструктивно привабливим завдяки мінімальним вимогам до комунікацій, можливості зонального та індивідуального регулювання та високій енергоефективності при низьких зовнішніх температурах.

3.3. Порівняльна оцінка варіантів з урахуванням умов об'єкта

Умови експлуатації будівлі потребують системи, здатної працювати стабільно при зовнішній температурі до -22°C , забезпечувати одночасне опалення та охолодження різних приміщень, а також не перевищувати доступну електричну потужність. З цієї точки зору:

- електричні котли мають найвищі витрати електроенергії;
- системи «повітря–вода» забезпечують добру ефективність, але вимагають розвиненої гідравлічної інфраструктури;
- системи прямого електричного нагріву не забезпечують охолодження та не відповідають вимогам енергоефективності;
- системи VRF/VRV демонструють найкраще співвідношення між енергоефективністю, гнучкістю та можливістю адаптації до архітектурних особливостей будівлі.

Додатковою перевагою повітряних теплових насосів є можливість зонального регулювання та організації незалежних кліматичних режимів для різних груп приміщень.

Оцінка викидів CO₂ при використанні різних варіантів систем теплопостачання

В умовах реалізації Україною міжнародних кліматичних зобов'язань та гармонізації нормативної бази з європейськими вимогами питання скорочення викидів парникових газів є важливим критерієм вибору інженерних систем для нових і реконструйованих будівель. Для порівняння розглянемо орієнтовні питомі викиди CO₂, що утворюються при виробництві теплової енергії різними технологіями.

Електричні котли та системи прямого електронагріву

Електрична енергія в Україні має середній вуглецевий слід близько:

		Ничипорук С.		1.12.25	00. КМР 142.003.015.ПЗ	Аржум
		Рябчук О.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$EF_{el} \approx 0,39$ кг CO₂/кВт·год

[11.]

Оскільки електричний котел має ККД, близький до 1, то:

$$\text{Викиди}_{\text{ел.котел}} = Q_{\text{тепл}} \cdot EF_{el}$$

(3)

Для будівель із великим тепловим навантаженням це призводить до найбільших річних викидів CO₂ серед усіх розглянутих технологій.

Газові котли

Спалювання природного газу має питомі викиди:

$$EF_{\text{gas}} = 56,1 \text{ t CO}_2/\text{TJ} \rightarrow 0,202 \text{ кг CO}_2/\text{кВт}\cdot\text{год.}$$

[11, 12]

Газова генерація є “чистішою” за електричний прямий нагрів, але недоступність газопостачання для об’єкта робить цей варіант неактуальним.

Теплові насоси типу “повітря–вода” та “повітря–повітря”

Ключовим фактором є їх висока енергоефективність (COP 2.5–4.0).

Фактичні викиди CO₂ від теплового насоса розраховуються як:

$$\text{Викиди}_{\text{ТН}} = EF_{el} / \text{COP}$$

За COP $\approx 3,0$ отримуємо $\approx 0,13$ кг CO₂/кВт·год

$$\text{Викиди}_{\text{VRF}} = EF_{el} / \text{SCOP}$$

Для SCOP $\approx 3,5$ значення становить близько 0,11 кг CO₂/кВт·год.

Таблиця 3. Порівняльна таблиця викидів CO₂

Система	Позначення	Питомі викиди CO ₂ (кг/кВт·год тепла)	Примітка
Електрокотел	EF_{el}	~ 0.39	Найвищі викиди
Газовий котел	EF_{gas}	~ 0.20	Недоступний для об’єкта
Тепловий насос	EF_{el} / COP	0.10–0.16	Залежить від COP
VRF/VRV	EF_{el} / SCOP	0.09–0.13	Найкраща екологічність

Узагальнення :Враховуючи особливості будівлі, неможливість використання газових систем та необхідність зниження експлуатаційних витрат і вуглецевих викидів, теплові насоси, зокрема VRF/VRV-системи, мають найбільш сприятливий екологічний профіль.

У порівнянні з електричним котлом вони зменшують викиди CO₂ у 2,5–3,5 рази, що відповідає сучасним принципам декарбонізації та підвищення енергоефективності інженерних систем.

		Ничипорук С.		1.12.25	00. КМР 142.003.015.ПЗ	Аржум
		Рябчук О.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4. ПІДБІР ОБЛАДНАННЯ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ ТА КОНДИЦІЮВАННЯ

4.1. Вимоги до системи та принципи її побудови

На основі розрахункових тепловтрат будівлі (Розділ 2) та аналізу технічних рішень (Розділ 3) визначено ключові вимоги до системи опалення та кондиціювання. Система має забезпечувати стабільне підтримання параметрів внутрішнього мікроклімату в опалювальний та перехідний періоди року, а також ефективне охолодження у літній період. Необхідною є можливість зонального регулювання температури, що дозволяє оптимізувати енергоспоживання та адаптувати режими роботи до різних режимів експлуатації приміщень.

З урахуванням архітектурних особливостей будівлі, обмежень щодо монтажу водяних систем і неможливості підключення до централізованого теплопостачання, обрано концепцію **єдиної інтегрованої системи на основі теплового насоса повітря-повітря**, реалізовану через мультизональні (VRF/VRV) системи. Така система поєднує функції нагрівання та охолодження, має високу енергоефективність та дозволяє гнучко змінювати конфігурацію залежно від потреб окремих поверхів та приміщень.

Система повинна забезпечувати:

- відповідність тепловій потужності фактичним тепловтратам;
- коректну роботу при низьких температурах зовнішнього повітря (до – 20...–25 °С);
- можливість одночасного нагрівання та охолодження різних зон (при використанні теплового рекуператора);
- мінімальне навантаження на електромережу будівлі;
- мінімальний рівень шуму та вібрацій;
- можливість оптимального розташування зовнішніх блоків на технічному поверсі або покрівлі.

4.2. Обґрунтування вибору типу системи

Для проєктованої будівлі було розглянуто декілька можливих варіантів систем опалення та кондиціювання:

1. Електричне водяне опалення (електрокотел + фанкойли/радіатори)
2. Тепловий насос повітря–вода з внутрішнім контуром
3. Тепловий насос повітря–повітря у вигляді мультизональної

VRF/VRV системи

Порівняння виконувалось за критеріями: енергоефективність, вартість обладнання та монтажу, складність експлуатації, гнучкість зонування та придатність до реконструйованих будівель.

		Ничипорук С.		1.12.25	00. КМР 142.003.015.ПЗ	Архум
		Рябчук О.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

За результатами аналізу встановлено, що VRF-система є найбільш доцільною для даної будівлі з таких причин:

- **високий сезонний ККД (SCOP та SEER),** що перевищує аналоги водяних систем;
- **мінімальні втрати тепла під час транспортування енергії,** оскільки в системі циркулює холодоагент;
- **можливість одночасного нагрівання та охолодження,** актуально для адміністративних будівель;
- **відсутність ризиків замерзання,** притаманних водяним системам;
- **зручність монтажу в існуючі приміщення,** відсутність необхідності прокладання масивних трубопроводів;
- **зменшення навантаження на електромережі завдяки інверторному керуванню компресорів.**

Таким чином, VRF-система виступає найефективнішим рішенням для забезпечення комфортного мікроклімату та значного скорочення експлуатаційних витрат.

4.3. Вибір конфігурації системи та зовнішніх блоків

Сумарне теплове навантаження будівлі, визначене у Розділі 2, становить **113 кВт**. Для забезпечення роботи системи VRF необхідно підібрати конфігурацію зовнішніх блоків, яка відповідає:

- доступній кількості внутрішніх блоків;
- максимальній довжині фреонової магістралі;
- допустимому перепаду висот;
- коефіцієнтам корекції потужності при низьких температурах;
- можливості розподілу навантаження по поверххах.

У робочому проекті передбачено використання групи зовнішніх блоків LG MULTI V, агрегованих у каскад. Кожна група забезпечує відповідну кількість внутрішніх блоків поверху, а також резерв пропускної здатності для стабільної роботи в мінусових температурних умовах.

Фактичний підбір обладнання здійснюється на основі допустимих діаметрів трас, характеристик компресорів, балансування потоків холодоагенту та параметрів зонування. У дипломі приводяться узагальнені результати підбору відповідно до робочого проекту.

4.4. Специфікація обладнання

На підставі виконаних теплотехнічних розрахунків будівлі, результатів зонування приміщень та прийнятої концепції системи опалення й кондиціювання на базі VRF-технології сформовано специфікацію основного та допоміжного обладнання. Специфікація включає зовнішні та внутрішні блоки

		Ничипорук С.		1.12.25	00. КМР 142.003.015.ПЗ	Архум
		Рябчук О.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибір моделей обладнання – Зовнішні блоки (ODU)

System Name: K1_0п

Система №: 1/8

1. Норми повітря для місцевості: - Зовнішній

	Охолодження			Нагрівання		
	TCT(°C)	TBT(°C)	VB(%)	TCT(°C)	TBT(°C)	VB(%)
Зовнішня температура повітря	35.0	25.2	46.0	-22.0	-22.2	86.0
Температура в приміщенні	24.0	17.0	50.0	24.0	16.8	48.9

2. Зовнішні блоки (Out Door Unit)

Модель	No. of IDUs (Current / Max.) (EA)	Внутр./Зовн. КПД (Current / Max.) (%)	Скоригована потужність / Блокування навантаження (Охолодження / Нагрівання) (%)	Продукт змінено (kg)	Додатковий холодоагент (kg)						
ARUM100LTE 6	10 / 25	116 / 200	0.0 / 0.0	9.50	9.86						
Rated(Max)/Corrected Capa. (kW)			Rated(Max)/Corrected Power Input (кВт)								
Охолодження		Нагрівання		Охолодження		Нагрівання					
28.0/27.4		31.5/24.9		8.3/8.2		5.7/11.0					
Ефективність(W/W)		Вага(kg)		Електричні характеристики							
Охолодження	Нагрівання			Volt	Phase	Hz	Max. Current (A)	Max. Power (A)			
0.4	0.3	215		(930x1745x760)x1		80~415	3	0/60	5.1	2	3
Номінальний робочий струм(A) (380V / 400V / 415V)				Скоригований робочий струм(A) (380V / 400V / 415V)							
Охолодження		Нагрівання		Охолодження		Нагрівання					
13.6/12.9/12.5		9.3/8.9/8.5		13.3/12.7/12.2		17.9/17.0/16.4					

3. Магістраль

Ø(Рід./Газ.,mm)	Довжина (m)
6.35 : 12.7	122.9
9.52 : 12.7 : 15.88	1.4
9.52 : 15.88 : 19.05	15.5
9.52 : 19.05 : 22.2	36.0

4. Розгалужувач/Колектор

Модель	Кількість
ARBLB03321	1
PRHR043	1
PRHR063	1
-	-

Вибір моделей обладнання – Внутрішні блоки (IDU)

		Ничипорук С.		1.12.25	00. КМР 142.003.015.ПЗ	Архум
		Рябчук О.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Внутрішні блоки (In Door Unit)(1)																	
Кімната	Теплонавантаження(kW)			Розрахункова температура в кімнаті (Темп. Поверненого повітря)(°C)				Модель	Продуктивність Номінальна /Відкоригована:(kW)			Скоригована потужність/ Навантаження на кімнату(%)					
	C	C	C	Охолодження		Нагрівання			C	T	C	S	C	H	C	C	C
				C	T	C	T										
Room				4.0	7.0	4.0	3.7	ARN U07GTRB4	2.0	2.0	1.5	2.2					
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U07GTRB4	2.0	2.0	1.5	2.2					
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U09GTRB4	2.8	2.4	1.8	2.3					
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U09GTRB4	2.8	2.4	1.8	2.3					
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U12GTRB4	3.6	3.1	2.3	2.4					
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U12GTRB4	3.6	3.1	2.3	2.4					
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U12GTRB4	3.6	3.1	2.3	2.4					
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U12GTRB4	3.6	3.1	2.3	2.4					
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U15GTQB4	4.5	3.9	3.0	2.4					

6. Внутрішні блоки (In Door Unit)(2)												
Тег	Модель	Тип	Приблизна температура нагнітання(°C)		Витрата повітря (СММ)	Примітка						
			Охолодження	Нагрівання								
5	ARNU07GTRB4	CASSET TE 4WAY	4.5	3.1	7.5	NA						
8	ARNU07GTRB4	CASSET TE 4WAY	4.5	3.1	7.5	NA						
1	ARNU09GTRB4	CASSET TE 4WAY	3.1	0.8	8.0	NA						
10	ARNU09GTRB4	CASSET TE 4WAY	3.1	0.8	8.0	NA						
6	ARNU12GTRB4	CASSET TE 4WAY	1.3	3.4	8.7	NA						
2	ARNU12GTRB4	CASSET TE 4WAY	1.3	3.4	8.7	NA						
3	ARNU12GTRB4	CASSET TE 4WAY	1.3	3.4	8.7	NA						
4	ARNU12GTRB4	CASSET TE 4WAY	1.3	3.4	8.7	NA						

	Ничипорук С.		1.12.25	00. КМР 142.003.015.ПЗ	Архум
	Рябчук О.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	

Вибір моделей обладнання – Зовнішні блоки (ODU)

System Name: K2_3п

Система №: 2/8

1. Норми повітря для місцевості: - Зовнішній

	Охолодження			Нагрівання		
	TCT(°C)	TBT(°C)	ВВ(%)	TCT(°C)	TBT(°C)	ВВ(%)
Зовнішня температура повітря	35.0	25.2	46.0	-22.0	-22.2	86.0
Температура в приміщенні	24.0	17.0	50.0	24.0	16.9	49.6

2. Зовнішні блоки (Out Door Unit)

Модель	No. of IDUs (Current / Max.) (EA)	Внутр./3овн. КПД (Current / Max.) (%)	Скоригована потужність / Блокування навантаження (Охолодження / Нагрівання) (%)	Продукт змінено (kg)	Додатковий холодоагент (kg)			
ARUM200LTE6	14 / 50	115 / 200	0.0 / 0.0	16.00	17.75			
Rated(Max)/Corrected Capa. (kW)			Rated(Max)/Corrected Power Input (кВт)					
Охолодження		Нагрівання		Охолодження		Нагрівання		
56.0/54.3		63.0/48.3		17.5/16.9		14.3/22.6		
Ефективність(W/W)		Вага(kg)		Електричні характеристики				
Охолодження	Нагрівання	Розміри (WxHxD) (mm)		Volt	Phase	Hz	Max CA (A)	Max ampere (A)
0.2	0.1	300		380~415	3	60	5.5	10
Номинальний робочий струм(A) (380V / 400V / 415V)				Скоригований робочий струм(A) (380V / 400V / 415V)				
Охолодження		Нагрівання		Охолодження		Нагрівання		
28.7/27.2/26.2		23.3/22.1/21.3		27.6/26.2/25.3		37.0/35.1/33.8		

3. Магістраль

Ø(Рід./Газ.,mm)	Довжина (m)
6.35 : 12.7	108.3
9.52 : 15.88	31.5
9.52 : 19.05 : 22.2	21.8
15.88 : 22.2 : 28.58	35.8

4. Розгалужувач/Колектор

Модель	Кількість
ARBLB07121	1
ARBLN01621	2
PRHR063	2
-	-

5. Внутрішні блоки (In Door Unit)(1)

		Ничипорук С.		1.12.25	00. KMP 142.003.015.ПЗ	Архум
		Рябчук О.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Кімната	Теплонавантаження(kW)			Розрахункова температура в кімнаті (Темп. Поверненого повітря)(°C)				Модель	Продуктивність Номінальна /Відкоригована:(kW)			Скориго вана потужність/ Навантаження на кімнату(%)					
	C	C	C	Охолодження		Нагрівання			C	T	C	S	C	H	C	C	C
				C	B	C	B										
				T	T	T	T										
Room				4.0	7.0	4.0	3.7	ARN U07GTRB4	2.0	2.0	1.5	2.2					
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U07GTRB4	2.0	2.0	1.5	2.2					
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U07GTRB4	2.0	2.0	1.5	2.2					
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U09GTRB4	2.8	2.4	1.8	2.3					
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U12GTRB4	3.6	3.1	2.3	2.4					
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U15GTQB4	4.5	3.9	3.0	2.4					
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U15GTQB4	4.5	3.9	3.0	2.4					
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U15GTQB4	4.5	3.9	3.0	2.4					
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U18GTQB4	5.6	4.8	3.5	2.6					
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U18GTQB4	5.6	4.8	3.5	2.6					
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U21GTQB4	6.0	5.2	3.7	2.6					
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U21GTQB4	6.0	5.2	3.7	2.6					
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U24GTBB4	7.1	6.2	4.6	2.8					
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U24GTBB4	7.1	6.2	4.6	2.8					

6. Внутрішні блоки (In Door Unit)(2)

Тег	Модель	Тип	Приблизна температура нагнітання(°C)		Витрата повітря (CMM)	Примітка
			Охолодження	Нагрівання		
1	ARNU07GTRB4	CASSETTE 4WAY	4.5	8.1	7.5	NA
4	ARNU07GTRB4	CASSETTE 4WAY	4.5	8.1	7.5	NA

		Ничипорук С.		1.12.25	00. КМР 142.003.015.ПЗ	Архив
		Рябчук О.				
Зм.	Лист	№ док.м.	Підпис	Дата		

MULTI V

Вибір моделей обладнання – Зовнішні блоки (ODU)

System Name: K3_3п

Система №: 3/8

1. Норми повітря для місцевості: - Зовнішній

	Охолодження			Нагрівання		
	TCT(°C)	TBT(°C)	ВВ(%)	TCT(°C)	TBT(°C)	ВВ(%)
Зовнішня температура повітря	35.0	25.2	46.0	-22.0	-22.2	86.0
Температура в приміщенні	24.0	17.0	50.0	24.0	16.8	48.7

2. Зовнішні блоки (Out Door Unit)

Модель	No. of IDUs (Current / Max.) (EA)	Внутр./3 овн. КПД (Current / Max.) (%)	Скоригована потужність / Блокування навантаження (Охолодження / Нагрівання) (%)	Продукт змінено (kg)	Додатковий холодоагент (kg)					
ARUM180LTE 6	18 / 45	115 / 200	0.0 / 0.0	16.00	16.94					
Rated(Max)/Corrected Capa. (kW)			Rated(Max)/Corrected Power Input (кВт)							
Охолодження		Нагрівання		Охолодження		Нагрівання				
50.4/48.8		56.7/44.5		14.4/13.9		11.6/19.4				
Ефективність(W/W)		Вага(kg)		Електричні характеристики						
Охолодження	Нагрівання			Вольти	Фази	З'єднання	Міжфазний струм (A)	З'єднання кабелів (A)		
0.5	0.3	300		(1240x1745x760)x1		80~415	3	0/60	4.8	0
Номінальний робочий струм(A) (380V / 400V / 415V)				Скоригований робочий струм(A) (380V / 400V / 415V)						

		Ничипорук С.		1.12.25	00. КМР 142.003.015.ПЗ	Архив
		Рябчук О.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Охолодження	Нагрівання	Охолодження	Нагрівання
23.5/22.3/21.5	18.9/18.0/17.3	22.7/21.5/20.7	31.7/30.1/29.0

3. Магістраль

Ø(Рід./Газ.,мм)	Довжина (m)
6.35 : 12.7	123.2
9.52 : 15.88	24.4
9.52 : 15.88 : 19.05	2.1
12.7 : 22.2 : 28.58	13.0
15.88 : 22.2 : 28.58	27.7

4. Розгалужувач/Колектор

Модель	Кількість
ARBLB07121	1
ARBLN01621	4
PRHR063	1
PRHR083	1
-	-

Вибір моделей обладнання – Внутрішні блоки (IDU)

System Name: K3_3п

Система №: 3/8

5. Внутрішні блоки (In Door Unit)(1)

Кімната	Теплонавантаження(kW)			Розрахункова температура в кімнаті (Темп. Поверненого повітря)(°C)				Модель	Продуктивність Номінальна /Відкоригована:(kW)			Скоригована потужність/ Навантаження на кімнату(%)		
				Охолодження		Нагрівання			C _T	C _S	C _H	C	C	C
	C	C	C	C _T	C _B	C _T	C _B							
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U07GTRB4	2.2/0.0	1.7/1.5	2.5/2.2			
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U07GTRB4	2.2/0.0	1.7/1.5	2.5/2.2			
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U07GTRB4	2.2/0.0	1.7/1.5	2.5/2.2			
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U07GTRB4	2.2/0.0	1.7/1.5	2.5/2.2			
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U07GTRB4	2.2/0.0	1.7/1.5	2.5/2.2			
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U07GTRB4	2.2/0.0	1.7/1.5	2.5/2.2			
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U09GTRB4	2.8/2.4	2.0/1.8	3.2/2.8			
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U12GTRB4	3.6/3.1	2.5/2.3	4.0/3.5			
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U12GTRB4	3.6/3.1	2.5/2.3	4.0/3.5			
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U12GTRB4	3.6/3.1	2.5/2.3	4.0/3.5			

		Ничипорук С.		1.12.25	00. КМР 142.003.015.ПЗ	Архум
		Рябчук О.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Room			4. 0	7. 0	4. 0	7. 1	ARN U12GTRB 4	3 .6/3. 1	2 .5/2. 3	4 .0/3. 5			
Room			4. 0	7. 0	4. 0	7. 1	ARN U12GTRB 4	3 .6/3. 1	2 .5/2. 3	4 .0/3. 5			
Room			4. 0	7. 0	4. 0	7. 1	ARN U12GTRB 4	3 .6/3. 1	2 .5/2. 3	4 .0/3. 5			
Room			4. 0	7. 0	4. 0	3. 7	ARN U15GTQB 4	4 .5/3. 9	3 .3/3. 0	5 .0/4. 4			
Room			4. 0	7. 0	4. 0	7. 1	ARN U15GTQB 4	4 .5/3. 9	3 .3/3. 0	5 .0/4. 4			
Room			4. 0	7. 0	4. 0	7. 1	ARN U15GTQB 4	4 .5/3. 9	3 .3/3. 0	5 .0/4. 4			
Room			4. 0	7. 0	4. 0	7. 1	ARN U15GTQB 4	4 .5/3. 9	3 .3/3. 0	5 .0/4. 4			

6. Внутрішні блоки (In Door Unit)(2)

Te г	Модель	Тип	Приблиз на температура нагнітання(°C)		Ви трата повітря (CMM)	Примітка
			О холо дже ння	Н агрів ання		
2	ARNU07 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 4.5	3 8.1	7. 5	NA
3	ARNU07 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 4.5	3 8.1	7. 5	NA
9	ARNU07 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 4.5	3 8.1	7. 5	NA
11	ARNU07 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 4.5	3 8.1	7. 5	NA
12	ARNU07 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 4.5	3 8.1	7. 5	NA
14	ARNU07 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 4.5	3 8.1	7. 5	NA
16	ARNU07 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 4.5	3 8.1	7. 5	NA
10	ARNU09 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 3.1	4 0.8	8. 0	NA
5	ARNU12 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 1.3	4 3.4	8. 7	NA
6	ARNU12 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 1.3	4 3.4	8. 7	NA
7	ARNU12 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 1.3	4 3.4	8. 7	NA
8	ARNU12 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 1.3	4 3.4	8. 7	NA
13	ARNU12 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 1.3	4 3.4	8. 7	NA
15	ARNU12 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 1.3	4 3.4	8. 7	NA
1	ARNU15 GTQB4	CASSET TE 4WAY	1 1.0	4 3.3	11 .0	NA
4	ARNU15 GTQB4	CASSET TE 4WAY	1 1.0	4 3.3	11 .0	NA



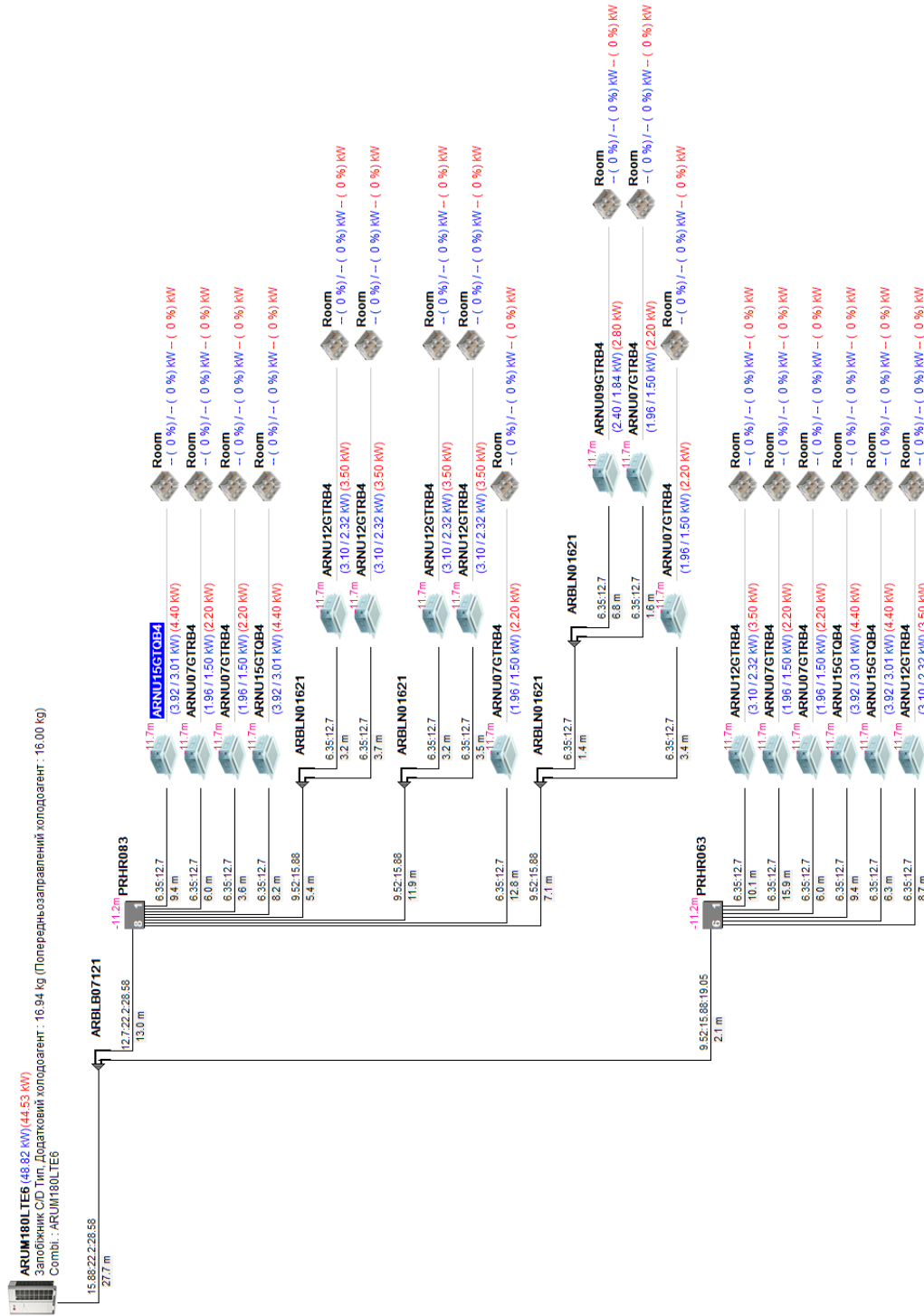
MULTI V

		Ничипорук С.		1.12.25	00. КМР 142.003.015.ПЗ	Архум
		Рябчук О.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибір моделей обладнання – "Дерево"

System Name: K3_3п

Система №: 3/8



- * : Магістральна труба збільшена
- ** : Додатковий вміст пари
- Три труби : Рідина: Високий вміст пари; Низький вміст пари
- Дві труби : Рідина: Пар
- Ⓜ : Пульт дистанційного керування
- Ⓢ : Груповий контроль
- Ⓣ : Серійний контроль
- Ⓤ : EHV Kit for Multi V Indoor
- Ⓡ : Делегор вилучення
- Ⓡ : Температурний датчик
- Ⓡ : AHU Comm. Kit [Discharge (supply) air]
- Ⓡ : AHU Comm. Kit [Return air]
- Ⓡ : AHU Comm. Kit [Main module]
- Ⓡ : AHU Comm. Kit [Communications module]

Внутрішній Блок IDU : 18 of 45
 Комбінація Блоків : 57,8 of 50,4 (115%)
 Довжина траси : 190,4 of 1000,0 m



Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

00. КМР 142.003.015.ПЗ

Архуми

Вибір моделей обладнання – Зовнішні блоки (ODU)

System Name: K4_4п

Система №: 4/8

1. Норми повітря для місцевості: - Зовнішній

	Охолодження			Нагрівання		
	TCT(°C)	TBT(°C)	ВВ(%)	TCT(°C)	TBT(°C)	ВВ(%)
Зовнішня температура повітря	35.0	25.2	46.0	-22.0	-22.2	86.0
Температура в приміщенні	24.0	17.0	50.0	24.0	16.8	48.7

2. Зовнішні блоки (Out Door Unit)

Модель	No. of IDUs (Current / Max.) (EA)	Внутр./Зовн. КПД (Current / Max.) (%)	Скоригована потужність / Блокування навантаження (Охолодження / Нагрівання) (%)	Продукт змінено (kg)	Додатковий холодоагент (kg)			
ARUM140LTE6	17 / 35	121 / 200	0.0 / 0.0	13.00	14.18			
Rated(Max)/Corrected Capa. (kW)			Rated(Max)/Corrected Power Input (кВт)					
Охолодження		Нагрівання		Охолодження		Нагрівання		
39.2/40.2		44.1/33.6		11.9/12.0		9.3/14.6		
Ефективність(W/W)		Вага(kg)		Електричні характеристики				
Охолодження	Нагрівання	Розміри (WxHxD) (mm)		Volt	Phase	Hz	Max CA (A)	Max Amp (A)
3.4	2.3	255		80~415	3	0/60	6.9	2.3
Номинальний робочий струм(A) (380V / 400V / 415V)				Скоригований робочий струм(A) (380V / 400V / 415V)				
Охолодження		Нагрівання		Охолодження		Нагрівання		
19.4/18.4/17.8		15.1/14.4/13.9		19.5/18.6/17.9		23.9/22.7/21.9		

3. Магістраль

Ø(Рід./Газ.,mm)	Довжина (m)
6.35 : 12.7	157.3
9.52 : 15.88	8.3
9.52 : 19.05 : 22.2	21.1
12.7 : 22.2 : 28.58	28.0

4. Розгалужувач/Колектор

Модель	Кількість
ARBLB03321	1
ARBLN01621	1
PRHR083	2
-	-

Вибір моделей обладнання – Внутрішні блоки (IDU)

System Name: K4_4п

		Ничипорук С.		1.12.25	00. KMP 142.003.015.ПЗ	Архум
		Рябчук О.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Внутрішні блоки (In Door Unit)(1)

Кімната	Теплонавантаження(kW)			Розрахункова температура в кімнаті (Темп. Поверненого повітря)(°C)				Модель	Продуктивність Номінальна /Відкоригована:(kW)			Скоригована потужність/ Навантаження на кімнату(%)		
				Охолодження		Нагрівання			C _T	C _S	C _H	C	C	C
	C	C	C	C _T	C _B	C _T	C _B							
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U07GTRB4	2.2/0	1.7/1.5	2.5/2.2			
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U07GTRB4	2.2/0	1.7/1.5	2.5/2.2			
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U07GTRB4	2.2/0	1.7/1.5	2.5/2.2			
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U07GTRB4	2.2/0	1.7/1.5	2.5/2.2			
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U07GTRB4	2.2/0	1.7/1.5	2.5/2.2			
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U07GTRB4	2.2/0	1.7/1.5	2.5/2.2			
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U07GTRB4	2.2/0	1.7/1.5	2.5/2.2			
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U07GTRB4	2.2/0	1.7/1.5	2.5/2.2			
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U07GTRB4	2.2/0	1.7/1.5	2.5/2.2			
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U07GTRB4	2.2/0	1.7/1.5	2.5/2.2			
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U09GTRB4	2.8/4	2.0/1.8	3.2/2.8			
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U09GTRB4	2.8/4	2.0/1.8	3.2/2.8			
Room				4.0	7.0	4.0	3.7	ARN U12GTRB4	3.6/1	2.5/3	4.0/3.5			
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U12GTRB4	3.6/1	2.5/3	4.0/3.5			
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U12GTRB4	3.6/1	2.5/3	4.0/3.5			
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U12GTRB4	3.6/1	2.5/3	4.0/3.5			
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U18GTQB4	5.6/8	3.9/3.5	6.3/5.5			

6. Внутрішні блоки (In Door Unit)(2)

Тег	Модель	Тип	Приблизна	Витрата	Примітка
	Ничипорук С.		1.12.25		00. КМР 142.003.015.ПЗ
	Рябчук О.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	

			температура нагнітання(°C)		повітря (СММ)	
			О холо дже ння	Н агрів ання		
3	ARNU07 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 4.5	3 8.1	7. 5	NA
4	ARNU07 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 4.5	3 8.1	7. 5	NA
5	ARNU07 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 4.5	3 8.1	7. 5	NA
6	ARNU07 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 4.5	3 8.1	7. 5	NA
7	ARNU07 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 4.5	3 8.1	7. 5	NA
11	ARNU07 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 4.5	3 8.1	7. 5	NA
12	ARNU07 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 4.5	3 8.1	7. 5	NA
13	ARNU07 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 4.5	3 8.1	7. 5	NA
14	ARNU07 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 4.5	3 8.1	7. 5	NA
17	ARNU07 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 4.5	3 8.1	7. 5	NA
2	ARNU09 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 3.1	4 0.8	8. 0	NA
16	ARNU09 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 3.1	4 0.8	8. 0	NA
1	ARNU12 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 1.3	4 3.4	8. 7	NA
8	ARNU12 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 1.3	4 3.4	8. 7	NA
9	ARNU12 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 1.3	4 3.4	8. 7	NA
15	ARNU12 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 1.3	4 3.4	8. 7	NA
10	ARNU18 GTQB4	CASSET TE 4WAY	9 .2	4 7.6	11 .2	NA



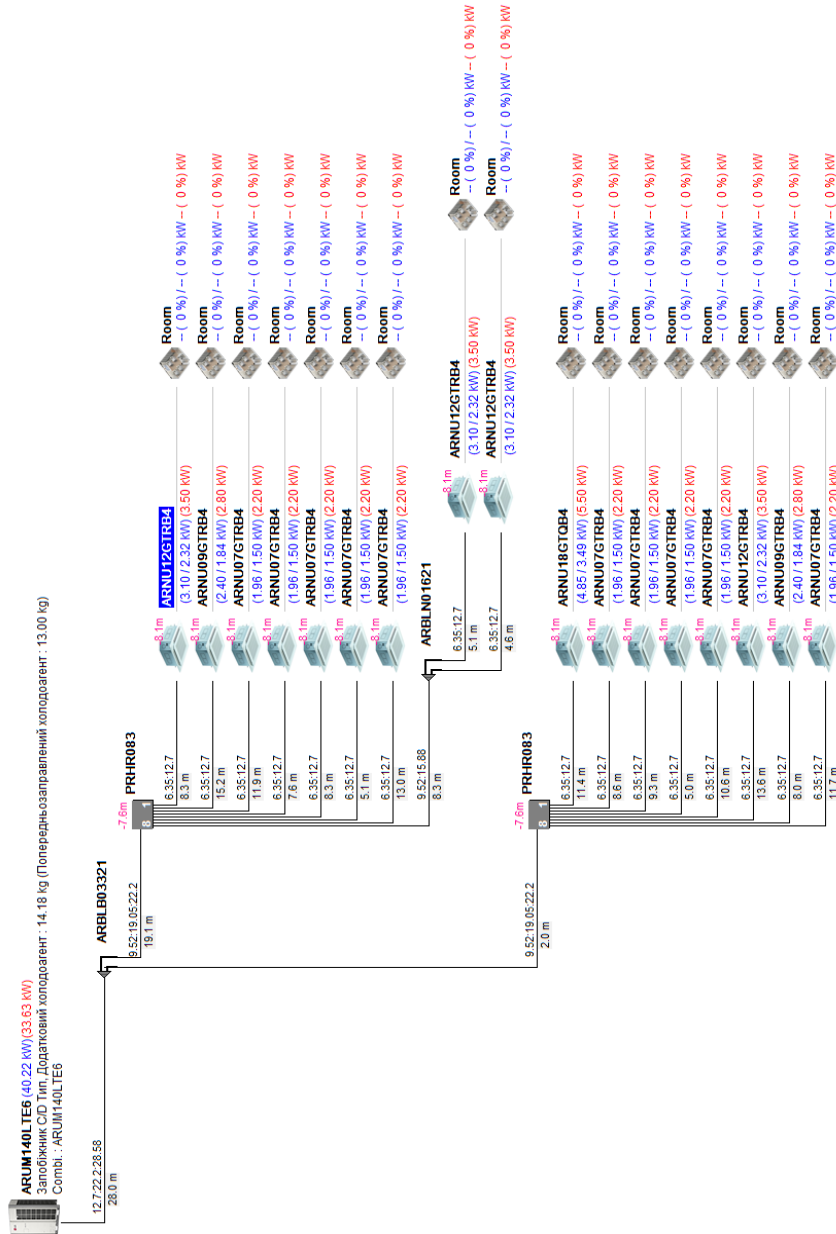
MULTI V

Вибір моделей обладнання – "Дерево"

System Name: K4_4п

Система №: 4/8

		Ничипорук С.		1.12.25	00. КМР 142.003.015.ПЗ	Аржун
		Рябчук О.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		



System Name: K5_5п

Система №: 5/8

1. Норми повітря для місцевості: - Зовнішній

	Охолодження			Нагрівання		
	ТСТ(°C)	ТВТ(°C)	ВВ(%)	ТСТ(°C)	ТВТ(°C)	ВВ(%)
Зовнішня температура повітря	35.0	25.2	46.0	-22.0	-22.2	86.0
Температура в приміщенні	24.0	17.0	50.0	24.0	16.9	49.2

2. Зовнішні блоки (Out Door Unit)

Модель	No. of IDUs (Current / Max.) (EA)	Внутр./Зовн. КПД (Current / Max.) (%)	Скоригована потужність / Блокування навантаження (Охолодження / Нагрівання) (%)	Продукт змінено (kg)	Додатковий холодоагент (kg)

- : Магістральна труба збільшена
- : Додатковий мови
- Три труби : Рідина, Високий вміст пари, Низький вміст пари
- Дві труби : Рідина, Пара

- 1. Пульт дистанційного керування.
- 2. Груповий контроль.
- 3. Сувий контакт.
- 4. EEV Kit for Multi V Indoor
- 5. Детектор витоку.
- 6. Температурний датчик.
- 7. Комплект очищення повітря.
- 8. ANU Comm. Kit (Discharge (supply) air)
- 9. ANU Comm. Kit (Return air)
- 10. ANU Comm. Kit (Main module).
- 11. ANU Comm. Kit (Communications module)

Внутрішній блок IDU : 17 of 35
 Конфигурація блоків : 47 of 39 (121%)
 Довжина труби : 214.7 of 1000.0 m

MULTI V

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	00. КМР 142.003.015.ПЗ	Аржуми
		Ничипорук С.		1.12.25		
		Рябчук О.				

ARUM200LTE 6		20 / 50		123 / 200		0.0 / 0.0		16.00		19.59									
Rated(Max)/Corrected Capa. (kW)						Rated(Max)/Corrected Power Input (кВт)													
Охолодження				Нагрівання				Охолодження				Нагрівання							
56.0/58.0				63.0/48.5				17.5/18.7				14.3/22.6							
Ефективність(W/W)		Вага(kg)				Розміри (WxHxD) (mm)				Електричні характеристики									
О холо дже ння	Н агрів ання									olt V		hase P		z		CA M (A)		апоб іжни к : (A)	
3 .1	2 .1	300				(1240x1745x760)x1				3 80~4 15		3		0/ 6 0		4 5.5		5 0	
Номінальний робочий струм(A) (380V / 400V / 415V)						Скоригований робочий струм(A) (380V / 400V / 415V)													
Охолодження				Нагрівання				Охолодження				Нагрівання							
28.7/27.2/26.2				23.3/22.1/21.3				30.5/29.0/27.9				36.9/35.0/33.8							

3. Магістраль

Ø(Рід./Газ.,mm)	Довжина (m)
6.35 : 12.7	199.9
9.52 : 15.88	5.9
9.52 : 19.05 : 22.2	4.8
12.7 : 12.7 : 19.05	9.2
15.88 : 22.2 : 28.58	34.4

4. Розгалужувач/Колектор

Модель	Кількість
ARBLB07121	2
ARBLN01621	1
PRHR033	1
PRHR083	2
-	-

5. Внутрішні блоки (In Door Unit)(1)

Кімната	Теплонавантаження(kW)			Розрахункова температура в кімнаті (Темп. Поверненого повітря)(°C)				Модел ль	Продуктивність Номінальна /Відкоригована:(kW)			Скориго вана потужність/ Навантаженн я на кімнату(%)		
	C	C	C	Ох олодже ння		На гріванн я			C T	C S	C H	C	C	C
				C T	B T	C T	B T							
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U07GTRB 4	2 .2/2.0	1 .7/1.5	2 .5/2.2			
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U07GTRB 4	2 .2/2.0	1 .7/1.5	2 .5/2.2			
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U07GTRB 4	2 .2/2.0	1 .7/1.5	2 .5/2.2			
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U07GTRB 4	2 .2/2.0	1 .7/1.5	2 .5/2.2			
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U07GTRB 4	2 .2/2.0	1 .7/1.5	2 .5/2.2			
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U09GTRB 4	2 .8/2.4	2 .0/1.8	3 .2/2.8			

		Ничипорук С.		1.12.25	00. КМР 142.003.015.ПЗ	Архум
		Рябчук О.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Room				4. 0	7. 0	4. 0	3. 7	ARN U12GTRB 4	3 .6/3. 1	2 .5/2. 3	4 .0/3. 5			
Room				4. 0	7. 0	4. 0	7. 1	ARN U12GTRB 4	3 .6/3. 1	2 .5/2. 3	4 .0/3. 5			
Room				4. 0	7. 0	4. 0	7. 1	ARN U12GTRB 4	3 .6/3. 1	2 .5/2. 3	4 .0/3. 5			
Room				4. 0	7. 0	4. 0	7. 1	ARN U12GTRB 4	3 .6/3. 1	2 .5/2. 3	4 .0/3. 5			
Room				4. 0	7. 0	4. 0	7. 1	ARN U12GTRB 4	3 .6/3. 1	2 .5/2. 3	4 .0/3. 5			
Room				4. 0	7. 0	4. 0	7. 1	ARN U12GTRB 4	3 .6/3. 1	2 .5/2. 3	4 .0/3. 5			
Room				4. 0	7. 0	4. 0	7. 1	ARN U12GTRB 4	3 .6/3. 1	2 .5/2. 3	4 .0/3. 5			
Room				4. 0	7. 0	4. 0	7. 1	ARN U12GTRB 4	3 .6/3. 1	2 .5/2. 3	4 .0/3. 5			
Room				4. 0	7. 0	4. 0	7. 1	ARN U12GTRB 4	3 .6/3. 1	2 .5/2. 3	4 .0/3. 5			
Room				4. 0	7. 0	4. 0	7. 1	ARN U15GTQB 4	4 .5/3. 9	3 .3/3. 0	5 .0/4. 4			
Room				4. 0	7. 0	4. 0	7. 1	ARN U15GTQB 4	4 .5/3. 9	3 .3/3. 0	5 .0/4. 4			
Room				4. 0	7. 0	4. 0	7. 1	ARN U15GTQB 4	4 .5/3. 9	3 .3/3. 0	5 .0/4. 4			
Room				4. 0	7. 0	4. 0	7. 1	ARN U15GTQB 4	4 .5/3. 9	3 .3/3. 0	5 .0/4. 4			
Room				4. 0	7. 0	4. 0	7. 1	ARN U15GTQB 4	4 .5/3. 9	3 .3/3. 0	5 .0/4. 4			

6. Внутрішні блоки (In Door Unit)(2)

Te г	Модель	Тип	Приблиз на температура нагнітання(°C)		Ви трата повітря (CMM)	Примітка
			О холо дже ння	Н агрів ання		
5	ARNU07 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 4.5	3 8.1	7. 5	NA
6	ARNU07 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 4.5	3 8.1	7. 5	NA
8	ARNU07 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 4.5	3 8.1	7. 5	NA
12	ARNU07 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 4.5	3 8.1	7. 5	NA
15	ARNU07 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 4.5	3 8.1	7. 5	NA
19	ARNU09 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 3.1	4 0.8	8. 0	NA
1	ARNU12 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 1.3	4 3.4	8. 7	NA
2	ARNU12 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 1.3	4 3.4	8. 7	NA

		Ничипорук С.		1.12.25	00. КМР 142.003.015.ПЗ	Архум
		Рябчук О.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

4	ARNU12 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1	3.4	4	8.	NA
7	ARNU12 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1	3.4	4	8.	NA
9	ARNU12 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1	3.4	4	8.	NA
11	ARNU12 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1	3.4	4	8.	NA
13	ARNU12 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1	3.4	4	8.	NA
16	ARNU12 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1	3.4	4	8.	NA
20	ARNU12 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1	3.4	4	8.	NA
3	ARNU15 GTQB4	CASSET TE 4WAY	1	3.3	4	11	NA
10	ARNU15 GTQB4	CASSET TE 4WAY	1	3.3	4	11	NA
14	ARNU15 GTQB4	CASSET TE 4WAY	1	3.3	4	11	NA
17	ARNU15 GTQB4	CASSET TE 4WAY	1	3.3	4	11	NA
18	ARNU15 GTQB4	CASSET TE 4WAY	1	3.3	4	11	NA



MULTI V

Вибір моделей обладнання – "Дерево"

System Name: K5_5п

Система №: 5/8



		Ничипорук С.		1.12.25	00. КМР 142.003.015.ПЗ	Архиви
		Рябчук О.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		



MULTI V

Вибір моделей обладнання – Зовнішні блоки (ODU)

System Name: K6_5п

Система №: 6/8

1. Норми повітря для місцевості: - Зовнішній

	Охолодження			Нагрівання		
	TCT(°C)	TBT(°C)	ВВ(%)	TCT(°C)	TBT(°C)	ВВ(%)
Зовнішня температура повітря	35.0	25.2	46.0	-22.0	-22.2	86.0
Температура в приміщенні	24.0	17.0	50.0	24.0	16.9	49.2

2. Зовнішні блоки (Out Door Unit)

Модель	No. of IDUs (Current / Max.) (EA)	Внутр./Зовн. КПД (Current / Max.) (%)	Скоригована потужність / Блокування навантаження (Охолодження / Нагрівання) (%)	Продукт змінено (kg)	Додатковий холодоагент (kg)			
ARUM200LTE 6	18 / 50	120 / 200	0.0 / 0.0	16.00	18.97			
Rated(Max)/Corrected Capa. (kW)			Rated(Max)/Corrected Power Input (кВт)					
Охолодження		Нагрівання		Охолодження		Нагрівання		
56.0/56.8		63.0/48.4		17.5/18.1		14.3/22.6		
Ефективність(W/W)		Вага(kg)	Розміри (WxHxD) (mm)	Електричні характеристики				
Охолодження	Нагрівання			Volt	Phase	Hz	Current (A)	3-Phase current (A)
3.1	2.1	300	(1240x1745x760)x1	380-415	3	0/6/0	5.5	0

		Ничипорук С.		1.12.25	00. KMP 142.003.015.ПЗ	Архум
		Рябчук О.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Номінальний робочий струм(A) (380V / 400V / 415V)		Скоригований робочий струм(A) (380V / 400V / 415V)	
Охолодження	Нагрівання	Охолодження	Нагрівання
28.7/27.2/26.2	23.3/22.1/21.3	29.5/28.0/27.0	36.9/35.1/33.8

3. Магістраль

Ø(Рід./Газ.,mm)	Довжина (m)
6.35 : 12.7	147.5
9.52 : 15.88	29.4
9.52 : 12.7 : 15.88	6.1
9.52 : 15.88 : 19.05	1.5
15.88 : 22.2 : 28.58	37.8

4. Розгалужувач/Колектор

Модель	Кількість
ARBLB07121	2
ARBLN01621	1
PRHR033	1
PRHR063	1
PRHR083	1

Вибір моделей обладнання – Внутрішні блоки (IDU)

System Name: K6_5п

Система №: 6/8

5. Внутрішні блоки (In Door Unit)(1)

Кімната	Теплонавантаження(kW)			Розрахункова температура в кімнаті (Темп. Поверненого повітря)(°C)				Модель	Продуктивність Номінальна /Відкоригована:(kW)			Скоригована потужність/ Навантаження на кімнату(%)		
				Охолодження		Нагрівання			C	S	H	C	C	C
	C	C	C	C	C	C	C							
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U07GTRB 4	2.2/0	1.7/1.5	2.5/2.2			
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U07GTRB 4	2.2/0	1.7/1.5	2.5/2.2			
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U07GTRB 4	2.2/0	1.7/1.5	2.5/2.2			
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U07GTRB 4	2.2/0	1.7/1.5	2.5/2.2			
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U09GTRB 4	2.8/2.4	2.0/1.8	3.2/2.8			
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U09GTRB 4	2.8/2.4	2.0/1.8	3.2/2.8			
Room				4.0	7.0	4.0	3.7	ARN U12GTRB 4	3.6/3.1	2.5/2.3	4.0/3.5			
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U12GTRB 4	3.6/3.1	2.5/2.3	4.0/3.5			
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U12GTRB 4	3.6/3.1	2.5/2.3	4.0/3.5			
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U12GTRB 4	3.6/3.1	2.5/2.3	4.0/3.5			
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U12GTRB 4	3.6/3.1	2.5/2.3	4.0/3.5			

		Ничипорук С.		1.12.25	00. КМР 142.003.015.ПЗ	Архив
		Рябчук О.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Room				4. 0	7. 0	4. 0	7. 1	ARN U12GTRB 4	3 .6/3. 1	2 .5/2. 3	4 .0/3. 5			
Room				4. 0	7. 0	4. 0	7. 1	ARN U12GTRB 4	3 .6/3. 1	2 .5/2. 3	4 .0/3. 5			
Room				4. 0	7. 0	4. 0	7. 1	ARN U12GTRB 4	3 .6/3. 1	2 .5/2. 3	4 .0/3. 5			
Room				4. 0	7. 0	4. 0	7. 1	ARN U12GTRB 4	3 .6/3. 1	2 .5/2. 3	4 .0/3. 5			
Room				4. 0	7. 0	4. 0	7. 1	ARN U21GTQB 4	6 .0/5. 2	4 .2/3. 7	6 .8/5. 9			
Room				4. 0	7. 0	4. 0	7. 1	ARN U24GTBB 4	7 .1/6. 2	5 .1/4. 6	8 .0/7. 0			
Room				4. 0	7. 0	4. 0	7. 1	ARN U24GTBB 4	7 .1/6. 2	5 .1/4. 6	8 .0/7. 0			

6. Внутрішні блоки (In Door Unit)(2)

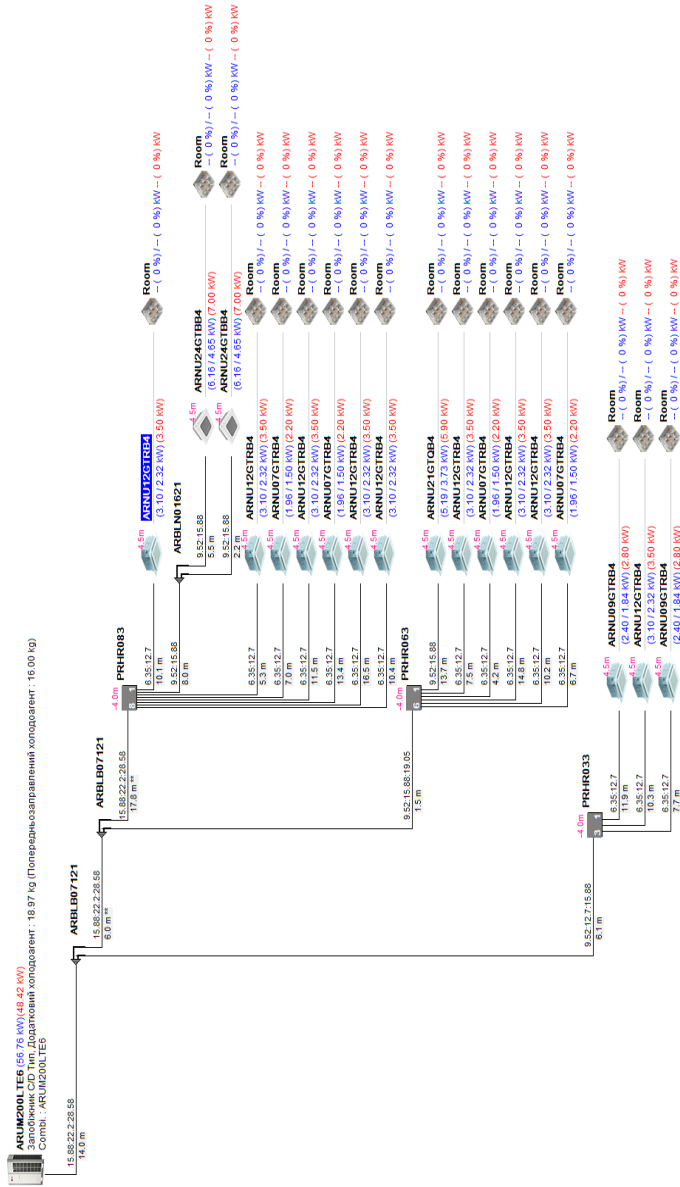
Te г	Модель	Тип	Приблиз на температура нагнітання(°C)		Ви трата повітря (CMM)	Примітка
			О холо дже ння	Н агрів ання		
5	ARNU07 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 4.5	3 8.1	7. 5	NA
7	ARNU07 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 4.5	3 8.1	7. 5	NA
12	ARNU07 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 4.5	3 8.1	7. 5	NA
15	ARNU07 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 4.5	3 8.1	7. 5	NA
16	ARNU09 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 3.1	4 0.8	8. 0	NA
18	ARNU09 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 3.1	4 0.8	8. 0	NA
1	ARNU12 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 1.3	4 3.4	8. 7	NA
4	ARNU12 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 1.3	4 3.4	8. 7	NA
6	ARNU12 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 1.3	4 3.4	8. 7	NA
8	ARNU12 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 1.3	4 3.4	8. 7	NA
9	ARNU12 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 1.3	4 3.4	8. 7	NA
11	ARNU12 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 1.3	4 3.4	8. 7	NA
13	ARNU12 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 1.3	4 3.4	8. 7	NA
14	ARNU12 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 1.3	4 3.4	8. 7	NA
17	ARNU12 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 1.3	4 3.4	8. 7	NA
10	ARNU21 GTQB4	CASSET TE 4WAY	9 .2	4 7.7	12 .0	NA
2	ARNU24 GTBB4	DUALVA NE CST 4WAY	1 1.7	4 2.7	18 .0	NA
3	ARNU24 GTBB4	DUALVA NE CST 4WAY	1 1.7	4 2.7	18 .0	NA

		Ничипорук С.		1.12.25	00. КМР 142.003.015.ПЗ	Архум
		Рябчук О.				
Зм.	Лист	№ док.ум.	Підпис	Дата		

Вибір моделей обладнання – "Дерево"

System Name: K6_5п

Система №: 6/8



- Магістральна труба збільшена
- Додаткові муфти
- Додатковий виступ пари: Назвий виступ пари
- Дні труби: Рівня: Парал
- Пилець дистанційного керування
- Голтовий контроль
- EEV/Kit for Multi V Indoor
- Датчик витоків
- Температурний датчик
- Комплект охищення повітря
- ANU Comm. Kit (Return air)
- ANU Comm. Kit (Main module)
- ANU Comm. Kit (Communications module)

Внутрішній Блок IDU : 18 of 50
 Комбінація блоків : 67.2 of 56.0 (120%)
 Довжина траси : 246.1 of 1000.0 m

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	00. КМР 142.003.015.ПЗ	Архуми
		Ничипорук С.		1.12.25		
		Рябчук О.				

Вибір моделей обладнання – Зовнішні блоки (ODU)

System Name: K7_6п

Система №: 7/8

3. Магістраль

Ø(Рід./Газ.,mm)	Довжина (м)
9.52 : 19.05 : 22.2	20.6
15.88 : 22.2 : 28.58	17.1

4. Розгалужувач/Колектор

Модель	Кількість
-	-
-	-

5. Внутрішні блоки (In Door Unit)(1)

Кімната	Теплонавантаження(kW)			Розрахункова температура в кімнаті (Темп. Поверненого повітря)(°C)				Модель	Продуктивність Номінальна /Відкоригована:(kW)			Скоригована потужність/ Навантаження на кімнату(%)		
	C	C	C	Охолодження		Нагрівання			C _T	C _S	C _H	C	C	C
				C _T	B _T	C _T	B _T							
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U07GTRB4	2.0	1.5	2.2			
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U07GTRB4	2.0	1.5	2.2			
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U09GTRB4	2.4	2.8	3.2			
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U09GTRB4	2.4	2.8	3.2			
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U12GTRB4	3.1	2.3	4.5			
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U12GTRB4	3.1	2.3	4.5			
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U12GTRB4	3.1	2.3	4.5			
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U12GTRB4	3.1	2.3	4.5			
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U15GTQB4	4.9	3.0	5.4			
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U15GTQB4	4.9	3.0	5.4			
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U15GTQB4	4.9	3.0	5.4			
Room				4.0	7.0	4.0	7.1	ARN U15GTQB4	4.9	3.0	5.4			

		Ничипорук С.		1.12.25	00. КМР 142.003.015.ПЗ	Архум
		Рябчук О.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Room				4. 0	7. 0	4. 0	3. 7	ARN U21GTQB 4	6 .0/5. 2	4 .2/3. 7	6 .8/5. 9			
Room				4. 0	7. 0	4. 0	7. 1	ARN U21GTQB 4	6 .0/5. 2	4 .2/3. 7	6 .8/5. 9			
Room				4. 0	7. 0	4. 0	7. 1	ARN U24GTBB 4	7 .1/6. 2	5 .1/4. 6	8 .0/7. 0			

6. Внутрішні блоки (In Door Unit)(2)

Te r	Модель	Тип	Приблиз на температура нагнітання(°C)		Ви трата повітря (CMM)	Примітка
			холо дже ння	Н агрів ання		
7	ARNU07 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 4.5	3 8.1	7. 5	NA
15	ARNU07 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 4.5	3 8.1	7. 5	NA
6	ARNU09 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 3.1	4 0.8	8. 0	NA
14	ARNU09 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 3.1	4 0.8	8. 0	NA
4	ARNU12 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 1.3	4 3.4	8. 7	NA
8	ARNU12 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 1.3	4 3.4	8. 7	NA
9	ARNU12 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 1.3	4 3.4	8. 7	NA
12	ARNU12 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 1.3	4 3.4	8. 7	NA
3	ARNU15 GTQB4	CASSET TE 4WAY	1 1.0	4 3.3	11 .0	NA
5	ARNU15 GTQB4	CASSET TE 4WAY	1 1.0	4 3.3	11 .0	NA
10	ARNU15 GTQB4	CASSET TE 4WAY	1 1.0	4 3.3	11 .0	NA
11	ARNU15 GTQB4	CASSET TE 4WAY	1 1.0	4 3.3	11 .0	NA
1	ARNU21 GTQB4	CASSET TE 4WAY	9 .2	4 7.7	12 .0	NA
2	ARNU21 GTQB4	CASSET TE 4WAY	9 .2	4 7.7	12 .0	NA
13	ARNU24 GTBB4	DUALVA NE CST 4WAY	1 1.7	4 2.7	18 .0	NA

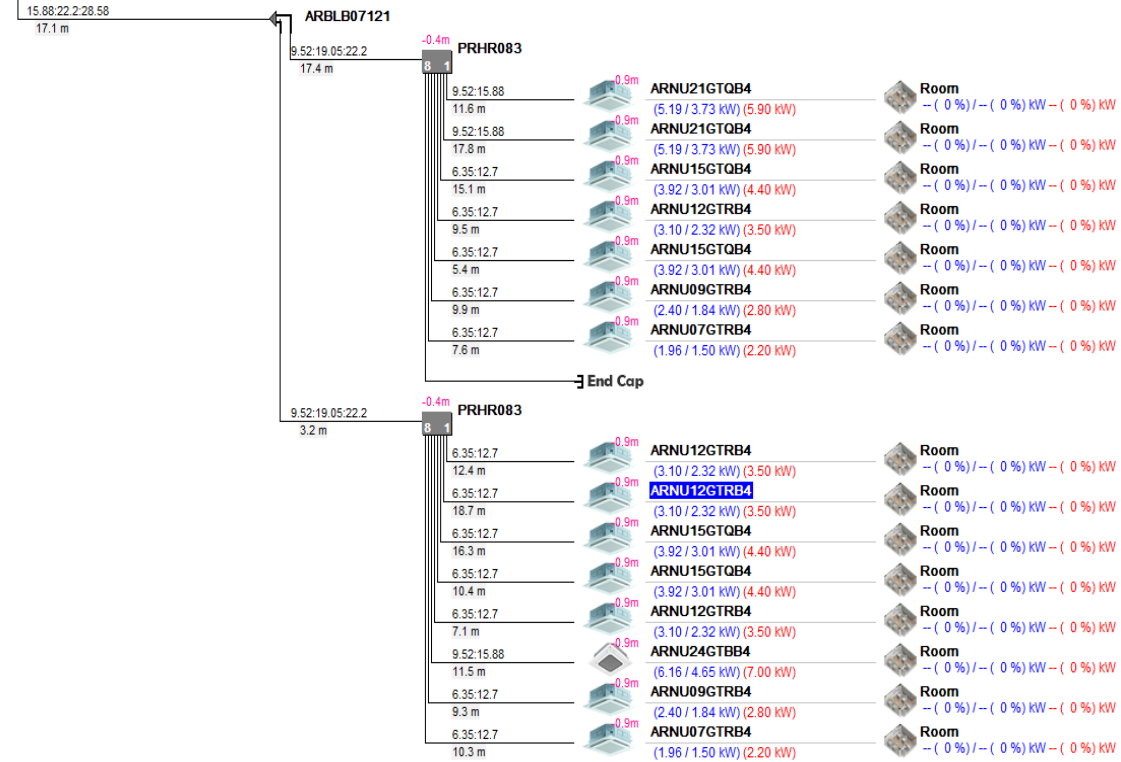
Вибір моделей обладнання – "Дерево"

System Name: K7_6п

Система №: 7/8

		Ничипорук С.		1.12.25	00. КМР 142.003.015.ПЗ	Архум
		Рябчук О.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ARUM180LTE6 (52.25 kW)(44.72 kW)
 Заповіжник C/D Тип. Додатковий холодоагент : 15.71 kg (Попередньо заправлений холодоагент : 16.00 kg)
 Combl. : ARUM180LTE6



* : Магістральна труба збільшена
 ** : Додаткові умови
 Три труби : Рідина: Високий вміст пари: Низький вміст пари
 Дві труби : Рідина: Пара

- Пульт дистанційного керування
- Груповий контроль
- Сухий контакт
- EEV Kit for Multi V Indoor
- Детектор витоку
- Температурний датчик
- Комплект очищення повітря
- UVnano Filter Box
- AHU Comm. Kit [Discharge (supply) air]
- AHU Comm. Kit [Return air]
- AHU Comm. Kit [Main module]
- AHU Comm. Kit [Communications module]

Внутрішній Блок IDU : 15 of 45
 Комбінація Блоків : 61.9 of 50.4 (123%)
 Довжина траси : 210.6 of 1000.0 m



MULTI V

Вибір моделей обладнання – Зовнішні блоки (ODU)

System Name: K8_6п

Система №: 8/8

1. Норми повітря для місцевості: - Зовнішній

	Охолодження			Нагрівання		
	ТСТ(°C)	ТВТ(°C)	ВВ(%)	ТСТ(°C)	ТВТ(°C)	ВВ(%)
Зовнішня температура повітря	35.0	25.2	46.0	-22.0	-22.2	86.0
Температура в приміщенні	24.0	17.0	50.0	24.0	16.7	48.0

2. Зовнішні блоки (Out Door Unit)

Модель	No. of IDUs (Current /	Внутр./Зовн. КПД (Current /	Скоригована потужність / Блокування	Продукт	Додатковий
--------	------------------------	-----------------------------	-------------------------------------	---------	------------

		Ничипорук С.		1.12.25	00. КМР 142.003.015.ПЗ	Аркуш
		Рябчук О.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

		Max.) (EA)	Max.) (%)	навантаження (Охолодження / Нагрівання) (%)	змінено (kg)	холодоаге нт (kg)				
ARUM180LTE 6		15 / 45	114 / 200	0.0 / 0.0	16.00	14.26				
Rated(Max)/Corrected Capa. (kW)			Rated(Max)/Corrected Power Input (кВт)							
Охолодження		Нагрівання		Охолодження		Нагрівання				
50.4/48.4		56.7/44.5		14.4/13.7		11.6/19.4				
Ефектив ність(W/W)		Вага(kg)		Розміри (WxHxD) (mm)		Електричні характеристики				
О холо дже ння	Н агрів ання					V olt	P hase	z	M CA (A)	3 апоб іжни к : (A)
.5	.3	300		(1240x1745x760)x1		3 80~4 15	3	0/ 6 0	4 4.8	5 0
Номинальний робочий струм(A) (380V / 400V / 415V)				Скоригований робочий струм(A) (380V / 400V / 415V)						
Охолодження		Нагрівання		Охолодження		Нагрівання				
23.5/22.3/21.5		18.9/18.0/17.3		22.4/21.3/20.5		31.7/30.1/29.0				

3. Магістраль

Ø(Рід./Газ.,mm)	Довжина (m)
6.35 : 12.7	100.5
9.52 : 15.88	23.7
9.52 : 19.05 : 22.2	20.8
15.88 : 22.2 : 28.58	19.5

4. Розгалужувач/Колектор

Модель	Кількість
ARBLB07121	1
ARBLN01621	4
PRHR063	2
-	-

Вибір моделей обладнання – Внутрішні блоки (IDU)

System Name: K8_6п

Система №: 8/8

5. Внутрішні блоки (In Door Unit)(1)

Кімна та	Теплона вантаження(k W)			Розрахункова температура в кімнаті (Темп. Поверненого повітря)(°C)				Моде ль	Продуктивність Номинальна /Відкоригована:(kW)			Скориго вана потужність/ Навантаженн я на кімнату(%)					
	C	C	C	Ох олодже ння		На гріванн я			C	T	C	S	C	H	C	C	C
				C	T	C	T										
Room				4. 0	7. 0	4. 0	7. 1	ARN U07GTRB 4	.2/ 2. 0	.7/ 1. 5	.5/ 2. 2						
Room				4. 0	7. 0	4. 0	7. 1	ARN U07GTRB 4	.2/ 2. 0	.7/ 1. 5	.5/ 2. 2						
Room				4. 0	7. 0	4. 0	7. 1	ARN U07GTRB 4	.2/ 2. 0	.7/ 1. 5	.5/ 2. 2						
Room				4. 0	7. 0	4. 0	7. 1	ARN U07GTRB 4	.2/ 2. 0	.7/ 1. 5	.5/ 2. 2						

		Ничипорук С.		1.12.25	00. КМР 142.003.015.ПЗ	Архум	
		Рябчук О.					
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			

Room				4. 0	7. 0	4. 0	7. 1	ARN U09GTRB 4	2 .8/2. 4	2 .0/1. 8	3 .2/2. 8			
Room				4. 0	7. 0	4. 0	7. 1	ARN U12GTRB 4	3 .6/3. 1	2 .5/2. 3	4 .0/3. 5			
Room				4. 0	7. 0	4. 0	7. 1	ARN U12GTRB 4	3 .6/3. 1	2 .5/2. 3	4 .0/3. 5			
Room				4. 0	7. 0	4. 0	7. 1	ARN U12GTRB 4	3 .6/3. 1	2 .5/2. 3	4 .0/3. 5			
Room				4. 0	7. 0	4. 0	7. 1	ARN U15GTQB 4	4 .5/3. 9	3 .3/3. 0	5 .0/4. 4			
Room				4. 0	7. 0	4. 0	7. 1	ARN U15GTQB 4	4 .5/3. 9	3 .3/3. 0	5 .0/4. 4			
Room				4. 0	7. 0	4. 0	7. 1	ARN U15GTQB 4	4 .5/3. 9	3 .3/3. 0	5 .0/4. 4			
Room				4. 0	7. 0	4. 0	7. 1	ARN U15GTQB 4	4 .5/3. 9	3 .3/3. 0	5 .0/4. 4			
Room				4. 0	7. 0	4. 0	3. 7	ARN U21GTQB 4	6 .0/5. 2	4 .2/3. 7	6 .8/5. 9			
Room				4. 0	7. 0	4. 0	7. 1	ARN U21GTQB 4	6 .0/5. 2	4 .2/3. 7	6 .8/5. 9			

6. Внутрішні блоки (In Door Unit)(2)

Te г	Модель	Тип	Приблиз на температура нагнітання(°C)		Ви трата повітря (CMM)	Примітка
			О холо дже ння	Н агрів ання		
3	ARNU07 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 4.5	3 8.1	7. 5	NA
4	ARNU07 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 4.5	3 8.1	7. 5	NA
7	ARNU07 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 4.5	3 8.1	7. 5	NA
10	ARNU07 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 4.5	3 8.1	7. 5	NA
9	ARNU09 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 3.1	4 0.8	8. 0	NA
8	ARNU12 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 1.3	4 3.4	8. 7	NA
11	ARNU12 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 1.3	4 3.4	8. 7	NA
15	ARNU12 GTRB4	CASSET TE 4WAY	1 1.3	4 3.4	8. 7	NA
5	ARNU15 GTQB4	CASSET TE 4WAY	1 1.0	4 3.3	11 .0	NA
6	ARNU15 GTQB4	CASSET TE 4WAY	1 1.0	4 3.3	11 .0	NA
12	ARNU15 GTQB4	CASSET TE 4WAY	1 1.0	4 3.3	11 .0	NA
13	ARNU15 GTQB4	CASSET TE 4WAY	1 1.0	4 3.3	11 .0	NA
14	ARNU15 GTQB4	CASSET TE 4WAY	1 1.0	4 3.3	11 .0	NA

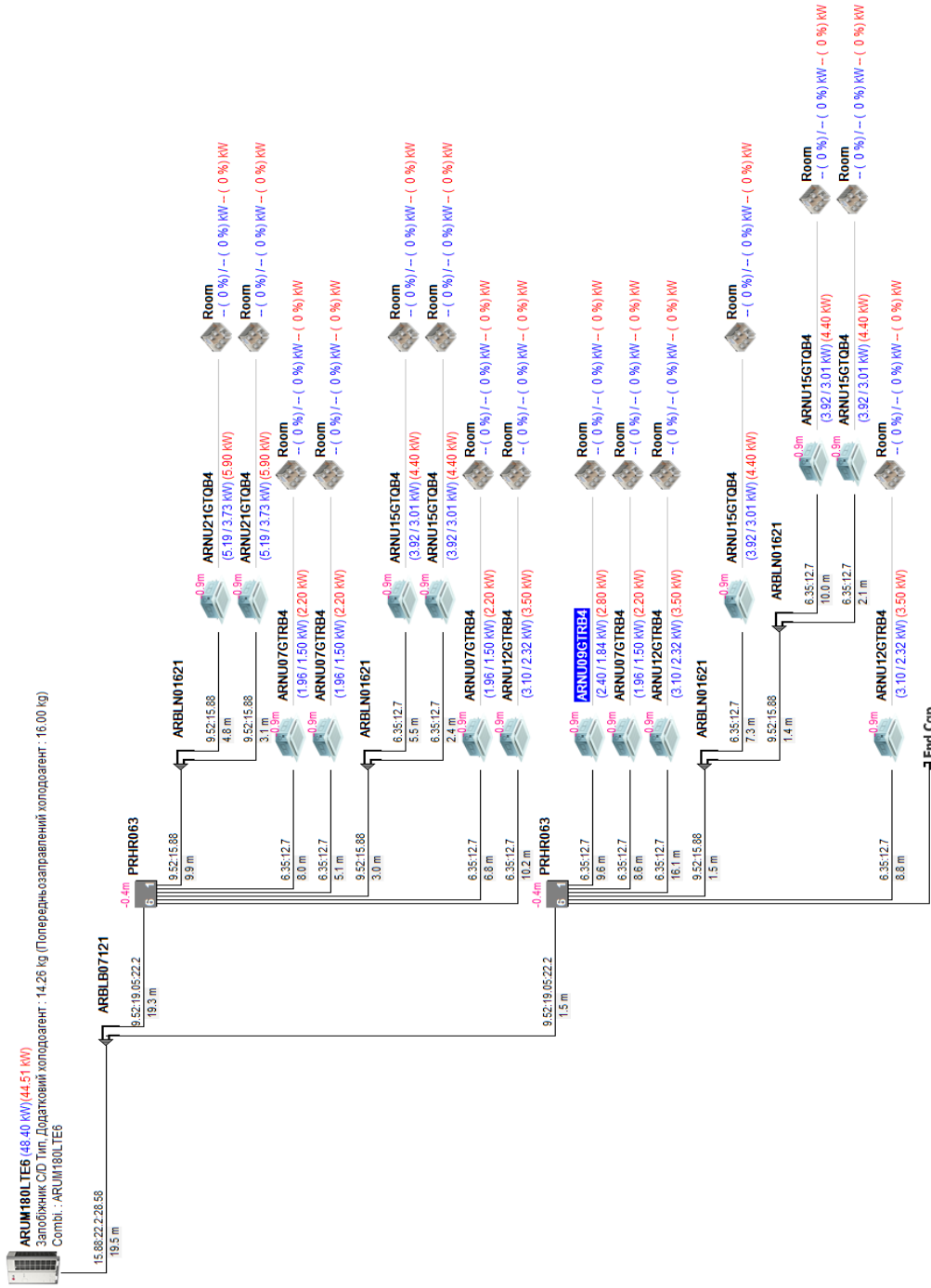
		Ничипорук С.		1.12.25	00. КМР 142.003.015.ПЗ	Архум
		Рябчук О.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

1	ARNU21 GTQB4	CASSET TE 4WAY	.2	9	4	12	NA
2	ARNU21 GTQB4	CASSET TE 4WAY	.2	9	4	12	NA

Вибір моделей обладнання – "Дерево"

System Name: K8_6п

Система №: 8/8



- * : Магистральна труба збільшена
- ** : Додаткові умови
- Три труби : Рідина: Високий вміст пари; Низький вміст пари
- Дві труби : Рідина: Пара
- Пульт дистанційного керування
- Головний контроль
- Сухий контакт
- EEV Kit for Multi V Indoor
- Детектор вологості
- Температурний датчик
- Комплекти очищення повітря
- UVnano Filter Box
- AHU Comm. Kit [Discharge (supply) air]
- AHU Comm. Kit [Return air]
- AHU Comm. Kit [Main module]
- AHU Comm. Kit [Communications module]

Внутрішній Блок IDU : 15 of. 45
Комбінація Блоків : 57.3 of 50.4 (114%)
Довжина траси : 164.5 of 1000.0 m

		Ничипорук С.		1.12.25
		Рябчук О.		
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

00. КМР 142.003.015.ПЗ

Архиви

Вибір моделі - Підсумок
1. Зовнішні блоки (Out Door Unit)

N о.	Модель	Кількість	Опис
1	ARUM100LTE6	1	MULTI V i/50,60Hz/R410A/Heat Recovery/MULTI V i/EU(EUROVENT)
2	ARUM140LTE6	1	MULTI V i/50,60Hz/R410A/Heat Recovery/MULTI V i/EU(EUROVENT)
3	ARUM180LTE6	3	MULTI V i/50,60Hz/R410A/Heat Recovery/MULTI V i/EU(EUROVENT)
4	ARUM200LTE6	3	MULTI V i/50,60Hz/R410A/Heat Recovery/MULTI V i/EU(EUROVENT)
Всього		8	

2. Внутрішні блоки (In Door Unit)

N о.	Модель	Кількість	Опис
1	ARNU07GTRB4	37	Ceiling Cassette - 4Way
2	ARNU09GTRB4	12	Ceiling Cassette - 4Way
3	ARNU12GTRB4	41	Ceiling Cassette - 4Way
4	ARNU15GTQB4	22	Ceiling Cassette - 4Way
5	ARNU18GTQB4	3	Ceiling Cassette - 4Way
6	ARNU21GTQB4	7	Ceiling Cassette - 4Way
7	ARNU24GTBB4	5	Ceiling Mounted Cassette (Dual Vane 4Way)
Всього		127	

3. Розгалужувач/Колектор/Трубопровід

N о.	Модель	Кількість
1	ARBLB03321	2
2	ARBLB07121	8
3	ARBLN01621	13
4	PRHR033	2
5	PRHR043	1
6	PRHR063	7
7	PRHR083	8

4. Магістраль

N о.	Ø(Рід./Газ.,mm)	Довжина(м)
1	6.35 : 12.7	1091.6
2	9.52 : 15.88	164.1
3	9.52 : 12.7 : 15.88	7.5
4	9.52 : 15.88 : 19.05	19.1

		Ничипорук С.		1.12.25	00. КМР 142.003.015.ПЗ	Архум
		Рябчук О.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

5	9.52 : 19.05 : 22.2	125.1
6	12.7 : 12.7 : 19.05	9.2
7	12.7 : 22.2 : 28.58	41.0
8	15.88 : 22.2 : 28.58	172.3

5. Додаткові речі - приладдя

Модель	Кількість	Опис
PT-AAGW0	5	Cassette Grille Standard
PT-QAGW0	122	Panel
PWLSSB21H	127	Wireless remote controller (simple controller is required for remote to work with ducted units)

6. Refrigerant

Refrigerant	Запобіжник C/D Тип, Додатковий холодоагент(kg)
R410A	127.26

системи, елементи розгалуження фреонових магістралей, трубопроводи, а також додаткові комплектуючі, необхідні для забезпечення коректної та надійної роботи системи.

Підбір обладнання виконано відповідно до технічних характеристик виробника, з урахуванням сумарного теплового навантаження будівлі, допустимих довжин і перепадів фреонових трас, а також вимог щодо зонального регулювання температури в приміщеннях. Прийнята VRF-система реалізує принцип теплового насоса повітря–повітря з можливістю роботи в режимах нагрівання та охолодження.

До складу системи входять зовнішні блоки серії LG MULTI V, які забезпечують необхідну сумарну теплову та холодильну потужність, а також внутрішні блоки різних типорозмірів, підбрані відповідно до теплових навантажень окремих приміщень. Застосування касетних внутрішніх блоків дозволяє забезпечити рівномірний розподіл повітря та підтримання заданих параметрів мікроклімату в адміністративних приміщеннях.

Окрім основного обладнання, специфікація включає розгалужувачі та колектори холодоагенту, які забезпечують правильний розподіл потоків у фреоновій мережі, а також трубопроводи різних діаметрів, довжини яких визначені за трасуванням у планах поверхів. Для забезпечення керування системою передбачено використання індивідуальних пультів керування для кожного внутрішнього блока.

Деталізована специфікація обладнання системи опалення та кондиціонування наведена у таблиці 4.

Прийняті технічні рішення забезпечують відповідність системи розрахунковим тепловим навантаженням, вимогам енергоефективності та експлуатаційної надійності.

Таблиця 4. специфікація обладнання системи опалення та кондиціонування на базі системи з рекуперацією LG MULTI V

		Ничипорук С.		1.12.25	00. КМР 142.003.015.ПЗ	Архиви
		Рябчук О.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

4.6. Підсумкові технічні характеристики обраної системи

Підібрана VRF-система забезпечує:

- відповідність розрахунковому навантаженню будівлі;
- роботу в зовнішніх умовах до $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- високу енергоефективність за рахунок інверторного регулювання;
- зменшення споживання електроенергії порівняно з електродвигуном;
- комфорт за рахунок зонального керування;
- простоту інтеграції в існуючу інфраструктуру.

Узагальнена специфікація зовнішніх блоків буде додана після внесення даних по всіх поверхах.

4.7. Оцінка екологічного впливу системи кондиціонування (GWP та TEWI)

У сучасних умовах проектування інженерних систем важливим є врахування їх впливу на довкілля, зокрема потенціалу утворення парникових газів. Для систем кондиціонування основним екологічним показником є потенціал глобального потепління (Global Warming Potential, GWP) холодоагенту, який характеризує відносний внесок речовини у зміну клімату порівняно з CO_2 протягом 100 років.

У прийнятій VRF-системі використовується холодоагент R410A, для якого відповідно до даних IPCC значення GWP становить 2088. Загальна маса холодоагенту в системі визначається як сума заводської заправки зовнішніх блоків та додаткового холодоагенту, необхідного для заповнення фреонових магістралей. Отримане значення використовується для оцінки еквівалентного викиду CO_2 у разі повної втрати заряду.

Максимально можливий прямий вплив системи на довкілля оцінюється за формулою:

$$\text{CO}_{2\text{eq}} = m \cdot \text{GWP}, \quad (10)$$

де m — сумарна маса холодоагенту в системі, кг.

Окрім прямого впливу, для комплексної екологічної оцінки застосовується показник **TEWI (Total Equivalent Warming Impact)**, який враховує як викиди від можливих витоків холодоагенту протягом строку експлуатації, так і непрямі викиди CO_2 , пов'язані зі споживанням електричної енергії системою. Розрахунок TEWI виконано за декількома сценаріями (мінімальний, типовий та максимальний), що відповідає загальноприйнятій методиці оцінювання стаціонарних систем кондиціонування.

Отримані значення показника TEWI підтверджують, що, незважаючи на використання холодоагенту з відносно високим GWP, загальний екологічний вплив VRF-системи залишається прийнятним завдяки високій

		Ничипорук С.		1.12.25	00. КМР 142.003.015.ПЗ	Аржум
		Рябчук О.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

енергоефективності обладнання та зниженому рівню споживання електричної енергії порівняно з традиційними системами електричного опалення.

Таблиця 5. Заводська заправка по моделях та сумарна маса холодоагенту

Модель ODU	К-сть, шт	Заводська заправка, кг / шт	Сумарно, кг
ARUM100LTE6 (10 HP)	1	9,5	9,5
ARUM140LTE6 (14 HP)	1	13,0	13,0
ARUM180LTE6 (18 HP)	2	16,0	32,0
ARUM200LTE6 (20 HP)	3	16,0	48,0

Сумарна заводська заправка всіх зовнішніх блоків:

$$m_{\text{зав}}=9,5+13,0+2\cdot 16,0+3\cdot 16,0=102,5 \text{ кг.}$$

Згідно з підбору обладнання, додатковий заправлений холодоагент по магістралях становить:

$$m_{\text{дод}}=127,26 \text{ кг.}$$

Тоді повна маса холодоагенту в системі:

$$m_{\text{заг}}=m_{\text{зав}}+m_{\text{дод}}=102,5+127,26=229,76 \text{ кг.}$$

Для подальших розрахунків можна прийняти: $m_{\text{заг}} \approx 230 \text{ кг}$

Розрахунок GWP (CO₂-еквівалент для повної втрати заряду)

Для R410A беремо потенціал глобального потепління GWP = 2088 (IPCC AR4 / дані LG).

Тоді еквівалентний викид CO₂ при повній втраті заряду:

$$CO_{2\text{eq, ref}}=m\cdot GWP=229,76\cdot 2088\approx 4,80\cdot 10^5 \text{ кг CO}_{2\text{eq}},$$

тобто приблизно **480 т CO₂-еквівалента** у випадку повного витоку холодоагенту.

Це значення можна визначити як «максимально можливий прямий вплив у разі повної втрати холодоагенту».

TEWI

Стандартна форма TEWI для стаціонарної системи:

$$TEWI=GWP\cdot m_{\text{заг}}(L\cdot n+(1-\alpha))+n\cdot E_{\text{рік}}\cdot \beta,$$

де:

- $m_{\text{заг}}$ — повна маса холодоагенту в системі, кг;
- L — річний відсоток витоків (частка від 1);
- n — строк служби системи, років;
- α — частка холодоагенту, що утилізується/повертається в кінці строку служби;

		Ничипорук С.		1.12.25	00. КМР 142.003.015.ПЗ	Аржум
		Рябчук О.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- $E_{\text{рік}}$ — річне споживання електроенергії системою, кВт·год/рік;
- β — питомий викид CO₂ на 1 кВт·год виробленої електроенергії, кг CO₂/(кВт·год).

Прийняті припущення:

- строк служби $n = 15$ років;
- $\alpha = 0,8$ (80 % холодоагенту повертається/утилізується);
- сценарії витоків для стаціонарної VRF:
 - *lower*: $L=3\%$ рік = 0,03;
 - *typical*: $L=5\%$ рік = 0,05;
 - *upper*: $L=7\%$ рік = 0,07;
- питомий викид для електроенергії $\beta=0,5$ кг CO₂/(кВт год)
- орієнтовне річне споживання електроенергії VRF-системою (нагрів + холод):

$E_{\text{рік}} \approx 72,2 \text{ МВт} \cdot \text{год} = 72\,200 \text{ кВт}$ (отримано з розрахункового теплового навантаження 113 кВт, еквівалентних годин роботи та середніх COP/SEER).

Тоді енергетична частина TEWI:

$$\text{TEWI}_{\text{ен}} = n \cdot E_{\text{рік}} \cdot \beta = 15 \cdot 72\,200 \cdot 0,5 \approx 5,42 \cdot 10^5 \text{ кг CO}_2.$$

3.1. Прямі викиди від витоків і кінцевої утилізації

Загальний множник:

$$\text{GWP} \cdot m_{\text{заг}} = 2088 \cdot 229,76 \approx 4,80 \cdot 10^5 \text{ кг CO}_2.$$

Тоді для кожного сценарію:

- *lower* ($L = 0,03$): $\text{TEWI}_{\text{прям,lower}} = \text{GWP} \cdot m_{\text{заг}} (0,03 \cdot 15 + (1 - 0,8)) \approx 3,12 \cdot 10^5 \text{ кг CO}_2.$

- *typical* ($L = 0,05$): $\text{TEWI}_{\text{прям,typ}} = 4,80 \cdot 10^5 \cdot (0,05 \cdot 15 + 0,2) \approx 4,56 \cdot 10^5 \text{ кг CO}_2.$

- *upper* ($L = 0,07$): $\text{TEWI}_{\text{прям,upper}} = 4,80 \cdot 10^5 \cdot (0,07 \cdot 15 + 0,2) \approx 6,00 \cdot 10^5 \text{ кг CO}_2.$

Повний TEWI (direct + indirect)

$$\text{TEWI} = \text{TEWI}_{\text{прям}} + \text{TEWI}_{\text{ен}}.$$

- $\text{TEWI}_{\text{lower}}$:

$$\text{TEWI}_{\text{lower}} \approx 3,12 \cdot 10^5 + 5,42 \cdot 10^5 \approx 8,54 \cdot 10^5 \text{ кг CO}_2.$$

- $\text{TEWI}_{\text{typical}}$:

$$\text{TEWI}_{\text{typ}} \approx 4,56 \cdot 10^5 + 5,42 \cdot 10^5 \approx 9,98 \cdot 10^5 \text{ кг CO}_2.$$

- $\text{TEWI}_{\text{upper}}$:

$$\text{TEWI}_{\text{upper}} \approx 6,00 \cdot 10^5 + 5,42 \cdot 10^5 \approx 1,14 \cdot 10^6 \text{ кг CO}_2.$$

Тобто:

- $\text{TEWI}_{\text{lower}} \approx 854 \text{ т CO}_2\text{-екв.}$

- $\text{TEWI}_{\text{typical}} \approx 998 \text{ т CO}_2\text{-екв.}$

- $\text{TEWI}_{\text{upper}} \approx 1140 \text{ т CO}_2\text{-екв.}$

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ВИКОНАННЯ РОБІТ

		Ничипорук С.		1.12.25	00. КМР 142.003.015.ПЗ	Аржум
		Рябчук О.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

5.1. Загальні положення з охорони праці

Проектування, монтаж та експлуатація систем опалення й кондиціонування на базі теплових насосів і VRF/VRV-обладнання потребують дотримання вимог чинного законодавства України у сфері охорони праці та промислової безпеки. Основними нормативними актами, що регламентують організацію безпечних умов праці, є Закон України «Про охорону праці» [13], ДСТУ EN 378 щодо роботи з холодоагентами [20], Правила будови електроустановок (ПБЕЕ) [18], ДБН А.3.2-2-2009 [14] та ДБН В.1.2-12:2018 «Захист від небезпечних факторів виробничого середовища» [15].

Під час монтажу та експлуатації обладнання необхідно враховувати ризики, пов'язані з електробезпекою, переміщенням важких вантажів, роботою на висоті, використанням інструментів підвищеної небезпеки та можливістю витоку холодоагенту. Працівники повинні мати відповідну кваліфікацію, пройти інструктажі та отримати допуски на виконання електротехнічних робіт та робіт з використанням фреоновмісних речовин.

5.2. Вимоги електробезпеки

Система теплових насосів та VRF-обладнання належить до електротехнічних установок підвищеної потужності. Згідно з ПУЕ та ПБЕЕ, роботи дозволяється виконувати лише персоналу з групою електробезпеки не нижче II (для підключення обладнання — III).

Під час експлуатації необхідно дотримуватися таких вимог:

- виконувати монтаж та підключення лише за знеструмлення мережі;
- використовувати кабелі, автоматичні вимикачі та захист відповідно до розрахункового навантаження;
- забезпечити наявність захисного заземлення всіх зовнішніх та внутрішніх блоків;
- проводити періодичний контроль опору ізоляції, стану контактних з'єднань та захисної автоматики;
- уникати попадання вологи в електричні відсіки та прилади керування;
- не допускати експлуатації при пошкоджених кабелях чи корпусах.

Приміщення технічного поверху відноситься до категорії без підвищеної вологості; однак зовнішні блоки працюють у атмосферних умовах, тому їхні електричні модулі мають відповідати класу захисту не нижче IPX4.

5.3. Безпека при роботі з холодоагентами (R32, R410A)

Холодоагенти, що застосовуються в теплових насосах та VRF-системах, мають власні характеристики пожежної небезпеки та токсичності. R32

		Ничипорук С.		1.12.25	00. КМР 142.003.015.ПЗ	Архум
		Рябчук О.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

класифікується як A2L — слабо горючий холодоагент, R410A — як A1 — негорючий.

Для забезпечення безпечних умов робіт необхідно:

- виконувати заправку та злив холодоагенту в добре вентильованих приміщеннях;
- використовувати манометричні станції, шланги та вакуумні насоси, сертифіковані для роботи з відповідним типом холодоагенту;
- уникати витоків, оскільки скупчення холодоагенту може призвести до кисневого голодування;
- не використовувати відкритий вогонь поруч із обладнанням, яке працює на R32;
- обов'язково застосовувати індивідуальні засоби захисту: рукавиці, окуляри, респіратори;
- проводити герметичність системи за азотом під тиском перед вакуумуванням.

При витокі R32 забороняється користуватися іскроутворюючими інструментами. Приміщення має бути одразу провітрене.

5.4. Безпека монтажних робіт та робіт на висоті

Монтаж зовнішніх блоків на фасаді або технічному поверсі пов'язаний з ризиком падіння предметів, роботи на висоті та переміщення важких конструкцій. Відповідно до ДБН А.3.2-2-2009:

[14]

- усі працівники повинні мати допуск до робіт на висоті;
- має бути організовано огороження небезпечних зон під місцем монтажу;
- використовуються страхувальні пояси та анкерні системи;
- під час підняття блоків застосовується вантажопідйомне обладнання з перевіреними такелажними елементами;
- забороняється виконання робіт при сильному вітрі, опадах або ожеледиці;
- місця монтажу повинні мати тимчасові огороження, настили або платформи.

Особлива увага приділяється безпечному кріпленню зовнішніх блоків, оскільки від цього залежить не лише безпека персоналу, а й захист перехожих та цілісність фасаду.

5.5. Вимоги до мікроклімату та шумового режиму

При експлуатації систем опалення та кондиціонування необхідно забезпечити відповідність параметрів повітря вимогам ДСН 3.3.6.042-99 щодо мікроклімату та шумових характеристик. Внутрішні блоки VRF-систем повинні працювати в межах:

		Ничипорук С.		1.12.25	00. КМР 142.003.015.ПЗ	Аржум
		Рябчук О.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- рівень шуму в робочій зоні — не більше 50 дБА,
- температура в приміщеннях — +18...+24 °С у холодний період.

Зовнішні блоки не повинні створювати надмірний шумовий вплив на суміжні будівлі. При необхідності використовують антивібраційні опори, шумопоглиначі та екрани.

5.6. Пожежна безпека

Згідно з ДБН В.1.2-7-2008 та ДБН В.2.5-56:2014 [24] «Системи кондиціонування», системи HVAC повинні бути виконані з урахуванням пожежних ризиків:

- електричні кабелі повинні мати відповідний клас вогнестійкості;
- холодильні контури мають бути прокладені в захисних жолобах із негорючих матеріалів;
- у місцях проходження трубопроводів крізь протипожежні перегородки необхідно встановлювати протипожежні манжети або герметики;
- технічний поверх повинен бути обладнаний первинними засобами пожежогасіння (вогнегасники ВВК, ВП).

При використанні холодоагенту R32 особливу увагу приділяють забезпеченню вентиляції та усуненню можливості накопичення газу у нижніх точках приміщення.

5.7. Організація безпечної експлуатації системи

Для забезпечення безпечної експлуатації системи опалення та кондиціонування необхідно:

- проводити регулярне технічне обслуговування відповідно до регламенту виробника;
- контролювати рівень холодоагенту і відсутність витоків;
- фіксувати результати технічних оглядів у журналі;
- здійснювати планову перевірку захисних автоматів, контактів та комунікацій;
- забезпечити навчання персоналу щодо роботи з тепловими насосами та правилами безпеки.

Експлуатація системи без належного технічного нагляду може створити ризики електротравм, пожежі або розгерметизації холодильного контуру.

5.8. Висновок

Виконання вимог охорони праці, електробезпеки, пожежної безпеки та безпеки при роботі з холодоагентами є необхідною умовою надійної та безпечної експлуатації системи теплопостачання та кондиціонування.

Застосування теплових насосів та VRF-технологій потребує кваліфікованого

		Ничипорук С.		1.12.25	00. КМР 142.003.015.ПЗ	Архум
		Рябчук О.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

персоналу та суворого дотримання регламентів виробника і чинних нормативних документів.

Комплексне виконання зазначених заходів забезпечує мінімізацію виробничих ризиків, продовжує термін служби обладнання та гарантує безпечні умови праці для персоналу будівлі.

		Ничипорук С.		1.12.25	00. КМР 142.003.015.ПЗ	Аржуи
		Рябчук О.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 6. ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ

6.1. Вихідні дані для економічного порівняння

Для оцінки економічної доцільності застосування VRF-системи в проектуваній будівлі проведено порівняння з альтернативним варіантом — індивідуальним опаленням на базі електрокотла. Вихідними даними для розрахунків є:

- розрахункове теплове навантаження будівлі $Q_{\text{буд}} \approx 113$ кВт (Розділ 2);
- тривалість опалювального періоду — **180 діб** (що відповідає типовим кліматичним умовам м. Києва);
- середній коефіцієнт завантаження обладнання в опалювальний сезон — **0,6**;
- середня сезонна ефективність VRF-системи (COP) — **3,5**;
- ефективність електрокотла — $\eta = 1,0$ (класична модель без накопичення тепла).

Щодо вартості електричної енергії, для непобутових

(комерційних/промислових) споживачів, до яких належить адміністративна будівля, використовуються біржові/ринкові ціни за кВт·год та відповідні тарифи розподілу:

- середня орієнтовна ціна електроенергії на ринку постачання для підприємств Києва та регіону становить близько **6,0–6,3 грн/кВт·год без ПДВ** (ринковий індикатив середніх контрактів)
- тариф на передачу електроенергії для підприємств встановлений на рівні приблизно **686,23 грн/МВт·год** ($\approx 0,686$ грн/кВт·год) без ПДВ

6.2. Річне споживання електроенергії

Річне теплове навантаження будівлі:

$$Q_{\text{річ}} = Q_{\text{буд}} \cdot 24 \cdot 180 \cdot 0,6 = 113 \cdot 24 \cdot 180 \cdot 0,6 \approx 278,14 \text{ МВт} \cdot \text{год/рік}$$

Для VRF-системи з середнім COP = 3,5:

$$E_{\text{VRF}} = Q_{\text{річ}} / \text{COP} \approx 278,14 / 3,5 \approx 79,47 \text{ МВт} \cdot \text{год/рік.}$$

Для електрокотла ($\eta = 1$):

$$E_{\text{ел.к}} = Q_{\text{річ}} \approx 278,14 \text{ МВт} \cdot \text{год/рік}$$

Таким чином, застосування VRF-системи зменшує річне споживання електроенергії більш ніж у **3,5 рази** порівняно з електрокотлом.

6.3. Експлуатаційні витрати

Експлуатаційні витрати визначаються як добуток річного обсягу споживання електроенергії та тарифу на електроенергію.

Для умов оцінки приймаємо орієнтовний ринковий тариф 6,2 грн/кВт·год (без ПДВ) для підприємств.

Тоді річні витрати електроенергії:

- для VRF-системи:

$$C_{\text{VRF}} = E_{\text{VRF}} \cdot T \approx 79,47 \times 10^3 \text{ кВт} \cdot 6,2 \text{ грн/кВт} \cdot \text{год} \approx 492,51 \text{ тис. грн/рік};$$

		Ничипорук С.		1.12.25	00. КМР 142.003.015.ПЗ	Архум
		Рябчук О.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

• для електрокотла:

$$C_{\text{ел.к}} = E_{\text{ел.к}} \cdot T \approx 278,14 \times 10^3 \text{ кВт} \cdot \text{год} \cdot 6,2 \text{ грн/кВт} \cdot \text{год} \approx 1,724,47 \text{ тис. грн/рік.}$$

6.4. Порівняння результатів і економічна доцільність

Порівняння економічних показників показує суттєву економію при використанні VRF-технології:

Показник	VRF-система	Електрокотел
Річне споживання, МВт·год	79,47	278,14
Річні витрати, тис. грн	492,5	1 724,5
Відношення витрат	1	≈ 3,5

Такі розрахунки підтверджують економічну доцільність застосування VRF-системи порівняно із суто електричним опаленням. Основним чинником є **висока ефективність теплового насоса (COP > 1)**, що значно знижує питомі витрати енергії.

Висновок

Економічний аналіз підтверджує, що застосування VRF-системи для адміністративної будівлі є не лише технічно обґрунтованим, а й фінансово ефективним рішенням. При реальних тарифах на електроенергію для підприємств у 2025 році експлуатаційні витрати з опалення та кондиціонування будівлі можуть бути у кілька разів нижчими, ніж у стандартних електричних системах опалення.

		Ничипорук С.		1.12.25	00. КМР 142.003.015.ПЗ	Архиви
		Рябчук О.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розглянуто питання підвищення енергоефективності систем опалення та кондиціонування адміністративної будівлі шляхом застосування сучасних теплових насосів повітря–повітря. Актуальність теми обумовлена зростанням вартості енергоресурсів, обмеженням доступу до централізованого теплопостачання, а також необхідністю зменшення енергоспоживання та викидів парникових газів відповідно до чинних національних і міжнародних вимог.

У першому розділі виконано аналіз сучасних інженерних рішень у сфері опалення та кондиціонування будівель, розглянуто принципи роботи теплових насосів, показники енергоефективності (COP, SCOP, SEER), а також особливості мультизональних VRF/VRV систем як однієї з найбільш ефективних реалізацій технології теплового насоса. Проведений огляд дозволив визначити основні переваги таких систем у порівнянні з традиційними електричними системами опалення.

У другому розділі виконано теплотехнічний розрахунок будівлі з урахуванням кліматичних умов м. Києва, конструктивних особливостей огорожувальних конструкцій та режимів експлуатації приміщень. Отримані значення теплових втрат по окремих приміщеннях і будівлі в цілому стали основою для подальшого підбору обладнання системи опалення та кондиціонування.

Третій розділ присвячено оцінці енергоефективності та екологічних аспектів проектного рішення. Проаналізовано вплив застосування теплового насоса на скорочення споживання електричної енергії та викидів CO₂. Використання показників GWP та TEWI дозволило комплексно оцінити прямий і непрямий вплив системи на довкілля, що підтверджує доцільність впровадження енергоефективних технологій у будівлях адміністративного призначення.

У четвертому розділі виконано вибір та обґрунтування обладнання системи опалення і кондиціонування на базі VRF-технології. Сформовано специфікацію зовнішніх та внутрішніх блоків, фреонових магістралей і допоміжних елементів, що відповідає розрахунковим тепловим навантаженням будівлі та технічним вимогам виробника. Обрана конфігурація системи забезпечує гнучке зональне керування, високу надійність і можливість подальшої експлуатації в умовах змінного навантаження.

У п'ятому розділі розглянуто питання охорони праці та безпеки під час експлуатації систем кондиціонування, що є обов'язковою складовою проектування інженерних систем у будівлях громадського призначення.

		Ничипорук С.		1.12.25	00. КМР 142.003.015.ПЗ	Архиви
		Рябчук О.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Шостий розділ присвячено економічній оцінці запропонованого технічного рішення. Проведене порівняння експлуатаційних витрат VRF-системи та системи електричного опалення з урахуванням актуальних тарифів на електроенергію показало суттєве зниження річних витрат при використанні теплового насоса. Отримані результати підтверджують економічну доцільність впровадження VRF-системи як індивідуального рішення для будівель, не підключених до централізованих теплових мереж.

У цілому виконана робота підтверджує, що застосування сучасних теплових насосів у складі VRF-систем дозволяє підвищити енергоефективність будівлі, зменшити експлуатаційні витрати та знизити негативний вплив на довкілля. Отримані результати можуть бути використані при проєктуванні та модернізації систем опалення і кондиціонування адміністративних будівель різного призначення.

		Ничипорук С.		1.12.25	00. КМР 142.003.015.ПЗ	Аржуи
		Рябчук О.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Список Літератури

1. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування.
2. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія.
3. ДБН А.2.2-3:2014 "Склад та зміст проєктної документації на будівництво. Зміна №1, №2";
4. ДСТУ 9243.4:2023 "Система проєктної документації для будівництва. Основні вимоги до проєктної документації";
5. ДБН В.2.2-9:2018 "Будинки і споруди. Громадські будинки та споруди";
6. ДБН В.2.2-28:2010 "Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення"
7. IPCC. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume2: Energy. Intergovernmental Panel on Climate Change. *Chapter 2: Stationary Combustion*
8. ДСН 3.3.6.042-99. Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.
9. ДБН В.2.6-31:2021 "Теплова ізоляція та енергоефективність будівель";
10. ДСТУ 9191:2022 "Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель"
11. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. Національний кадастр антропогенних викидів парникових газів за 1990–2022 роки. – Київ: МЗПР, 2023.
13. Закон України «Про охорону праці». – Верховна Рада України, Київ, 2022.
14. ДБН А.3.2-2-2009. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення.
15. ДБН В.1.2-12:2018. Захист від небезпечних факторів виробничого середовища.
17. ДБН В.2.5-56:2014. Системи протипожежного захисту. Проєктування та монтаж.
18. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів (ПБЕЕ). – Міністерство енергетики України, 2020.

		Ничипорук С.		1.12.25	00. КМР 142.003.015.ПЗ	Архум
		Рябчук О.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

19. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ). – Міністерство енергетики України.
20. ДСТУ EN 378-3:2022 Холодильні системи та теплові насоси. Вимоги щодо безпеки та навколишнього середовища. Частина 1–4.
21. Регламент (EU) No 517/2014. Про фторовані парникові газы (F-gas Regulation).
22. ASHRAE Standard 15-2022. Safety Standard for Refrigeration Systems. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
23. ASHRAE Standard 34-2019. Designation and Safety Classification of Refrigerants.
24. ДБН В.2.5-56:2014 Системи протипожежного захисту.

		Ничипорук С.		1.12.25	00. КМР 142.003.015.ПЗ	Аржун
		Рябчук О.				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		