

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА  
ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА»  
КАФЕДРА ТЕПЛОГАЗОПОСТАЧАННЯ, ВЕНТИЛЯЦІЇ ТА ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ

## Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи магістра

на тему : Визначення економічних показників застосування утилізації теплоти повітря системи вентиляції адміністративно-складської будівлі

Виконала: студент 6 курсу,  
групи 601-НТ  
спеціальності

144 Теплоенергетика

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Черненко М. О.

(прізвище та ініціали)

Керівник Гузик Д.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент \_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

Зав.кафедрою Голік Ю.С.

(прізвище та ініціали)

Полтава - 2024 року

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Інститут, факультет, відділення Навчально-науковий інститут нафти і газу

Кафедра теплогазопостачання, вентиляції та теплоенергетики

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

Спеціальність 144 - Теплоенергетика

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри, голова циклової комісії Голік Ю.С.

" 03 " 09 2024 року

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТА**

Черненко Мілена Олександрівна

Тема проекту Визначення економічних показників застосування утилізації теплоти повітря системи вентиляції адміністративно-складської будівлі

1. Керівник проекту Гузик Д.В. к.т.н., кафедри ТГВ

затверджені наказом вищого навчального закладу №818-фа від " 09 " 08 року 2024

2. Строк подання студентом роботи 14.12. 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Аналіз систем утилізації теплоти; 2 Розрахунок системи вентиляції та кондиціонування повітря 3. Підбір обладнання;

5. Консультанти розділів роботи

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

6. Дата видачі завдання 28.09. 2024 р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи.	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	АНАЛІЗ СИСТЕМ УТИЛІЗАЦІЇ ТЕПЛОТИ ПОВІТРЯ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЇ	28.09 – 14.10 2024 р.	
2	РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА СИСТЕМУ ОПАЛЕННЯ ТА ВЕНТИЛЯЦІЇ	15.10 – 01.11 2024 р.	
3	РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ ТА ПІДБІР ОБЛАДНЯННЯ	01.11 – 20.11 2024 р.	

Студент

  
 (підпис)

Черненко М.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту

  
 (підпис)

Гузик Д.В.

(прізвище та ініціали)

**Пояснювальна записка**  
**до кваліфікаційної роботи**  
**магістра**

на тему: «Визначення економічних показників застосування утилізації  
теплоти повітря системи вентиляції адміністративно-складської  
будівлі».

Полтава– 2024 року

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота (магістерського) рівня вищої освіти на тему: «Визначення економічних показників застосування утилізації теплоти повітря системи вентиляції адміністративно-складської будівлі»: пояснювальна записка на 79 арк., 28 рис., 19 табл., 16 бібліографічних найменувань.;

Мета роботи – проаналізувати сучасні технології що застосовуються в системах вентиляції громадських та промислових будівель . Розробка проекту систем вентиляції, кондиціонування та повітряного опалення з використанням високоефективного обладнання, використання програмних способів розрахунку систем вентиляції та підбору необхідного кліматичного обладнання.

Актуальним питанням сьогодення є розробка сучасних та енергозберігаючих систем вентиляції та кондиціонування повітря для підтримання необхідних параметрів мікроклімату, та зменшення витрат при експлуатації даних систем та досягнення доступності забезпечення необхідних параметрів мікроклімату. Оскільки здоров'я та працездатність людини значною мірою залежать від того, наскільки приміщення у санітарно-гігієнічному відношенні задовольняє його фізіологічні вимоги.

Під мікрокліматом приміщення розуміється сукупність теплового, повітряного та вологісного режимів у їх взаємозв'язку. Основна вимога до мікроклімату – підтримання сприятливих умов для людей, які перебувають у приміщенні.

Оскільки підтримка таких параметрів є доволі енергоємним процесом, дослідження в сфері зменшення витрат енергії для підтримання необхідних параметрів мікроклімату приміщення є актуальним питанням сьогодення.

## ЗМІСТ

ЗМІСТ.....	4
ВСТУП.....	6
<b>РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СИСТЕМ УТИЛІЗАЦІЇ ТЕПЛОТИ ПОВІТРЯ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЇ.....</b>	<b>12</b>
1.1 Актуальність підвищення енергоефективності механічних систем вентиляції.....	12
1.2 Види систем рекуперації тепла в системах вентиляції .....	13
1.3 Утилізація теплоти даховим кондиціонером.....	18
1.4 Висновки до розділу №1 .....	18
<b>РОЗДІЛ 2 РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА СИСТЕМУ ОПАЛЕННЯ ТА ВЕНТИЛЯЦІЇ.....</b>	<b>27</b>
2.1 Загальні дані для розробки проекту.....	27
2.2 Кліматичні показники зовнішнього повітря .....	27
2.3 Визначення повітрообміну в приміщеннях.....	28
2.4 Тепловий баланс приміщення. Визначення потужності систем опалення та вентиляції .....	31
2.5 Розрахункові дані огорожувальних конструкцій будівлі .....	31
2.6 Тепловий баланс приміщення складу .....	37
2.7 Розрахунок холодопродуктивності, побудова процесу охолодження повітря в i-d діаграмі .....	45
<b>РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ ТА ПІДБІР ОБЛАДНЯННЯ.....</b>	<b>48</b>
3.1 Аеродинамічний розрахунок систем вентиляції .....	48

					<b>601мНТ</b>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Черненко М.О.			Літ.	Арк.	Акрюшів
Перевір.		Гузик Д.В.				4	16
Реценз.					НУПП ім Ю.Кондратюка		
Н. Контр.		Голік Ю.С.					
Затверд.							
					<i>Визначення економічних показників застосування утилізації теплоти повітря системи вентиляції</i>		

3.2 Розрахунок та підбір фільтрів .....	60
3.3 Підбір дахового кондиціонера .....	61
3.4 Підбір дахових вентиляторів .....	65
3.5 Підбір каналних вентиляторів.....	68
3.6 Підбір припливно витяжної установки .....	69
3.7 Заходи з енергоефективності .....	70
<b>РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ .....</b>	<b>73</b>
4.1 Вихідні дані для економічного обґрунтування .....	73
4.2 Економічні показники проекту .....	74
<b>ВИСНОВКИ .....</b>	<b>75</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....</b>	<b>78</b>

					<b>601НТ -11393312.3П</b>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Черненко М.О.</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Гузик Д.В.</i>				<i>5</i>	<i>79</i>
<i>Реценз.</i>					<i>НУПП ім Ю.Кондратюка</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Голік Ю.С.</i>					
<i>Затверд.</i>							
					<i>Визначення економічних показників застосування утилізації теплоти повітря системи вентиляції</i>		

## ВСТУП

Головним призначенням системи вентиляції є забезпечення визначених кліматичних умов в приміщеннях будівлі. Створення санітарно-гігієнічних умов в приміщеннях для людей що працюють в них , повинно бути ув'язано з вимогами технологічних процесів.

Підтримання визначених параметрів клімату приміщень на протязі року є важливою задачею і в цілях забезпечення довговічності роботи обладнання та конструкцій. Вирішення опалювально-вентиляційних задач в наш час ускладнюється екологічними та економічними факторами.

В залежності від призначення приміщення та технологічних процесів що проходять в них, змінюється і характер забруднюючих повітря шкідливих речовин. В житлових та адміністративних приміщеннях джерелом шкідливих виділень є в основному люди, а в промислових, крім того, - виробничі установки (печі, станки, ванни і т.д.)

В житлових та адміністративних приміщеннях основними шкідливими виділеннями є вуглекислий газ (CO<sub>2</sub>), тепловиділення, вологовиділення, в промислових приміщеннях газу тепловиділення, вологовиділення.

Ефективність капітальних вкладень

На опалення та вентиляцію виробничих та комунально-побутових будівель та споруд витрачається велика кількість теплоти. Для окремих галузей промисловості (в основному легка промисловість) ці витрати досягають 70-80% і більше від загальної потреби теплової енергії. На більшості підприємств та організацій теплота повітря, що видаляється від систем вентиляції та кондиціонування не використовується. Особливо гостро дана проблема стоїть сьогодні, коли ціни на енергоресурси постійно зростають.

Так за даними порталу Energy Map ціни на електроенергію в Європі за період з 2022 по 2023 рік збільшились до рівня понад 50%. Дані моніторингу зображені на рис.1

					601НТ -11393312.3П	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Ціна електроенергії для домогосподарств у європейських столицях  
у лютому 2023 року, порівняно з лютим 2022 року (грн/кВт\*год)**

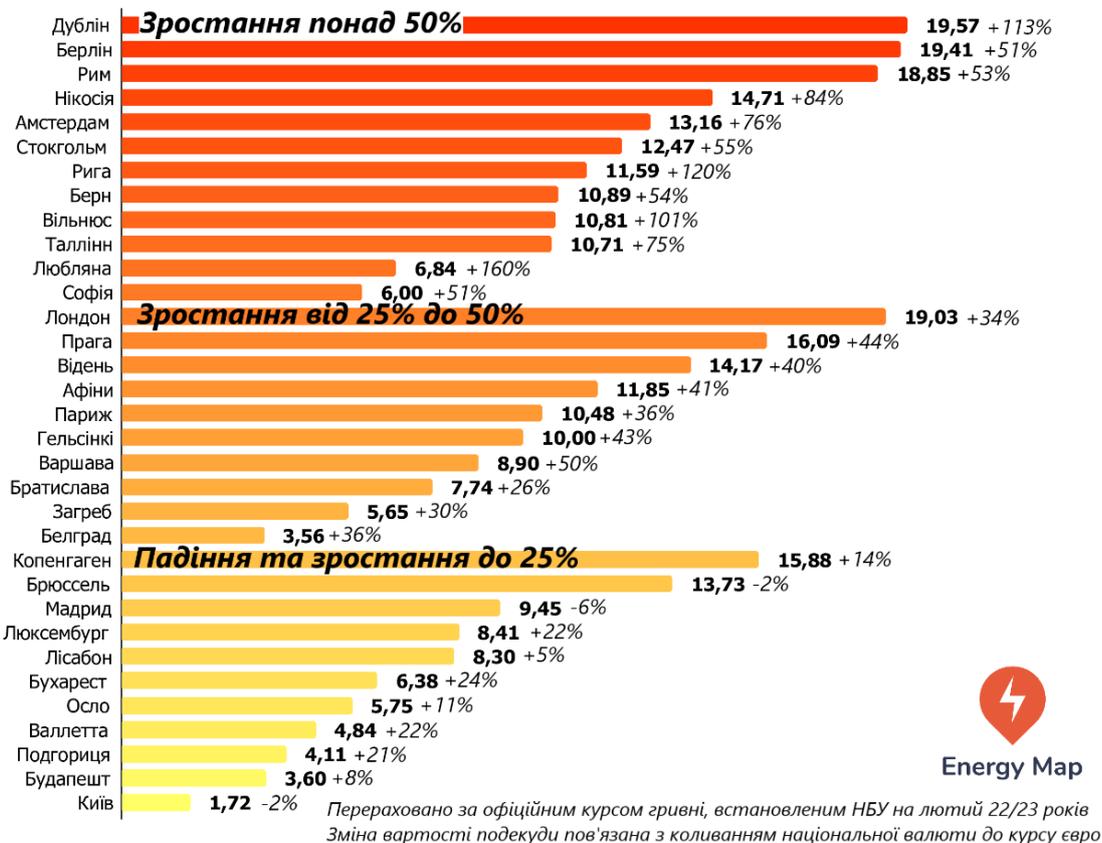


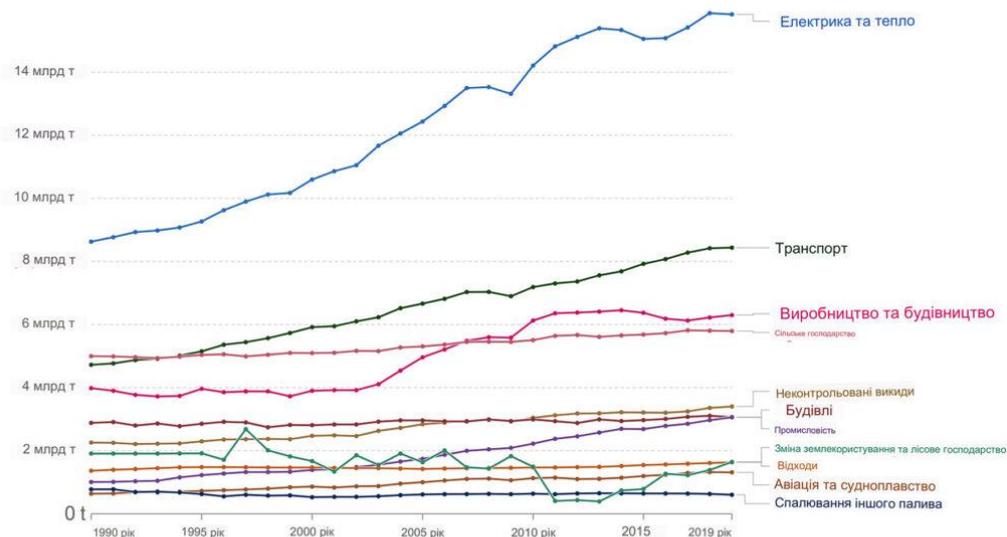
Рис.1 Динаміка ціни на електроенергію в Європі за період з 2022 по 2023рік [1]

Ситуацію погіршує постійно зростаючий рівень викидів парникових газів що актуалізує не лише економічну а й екологічну проблему, в свою чергу породжує підвищення екологічних тарифів на викиди парникових газів.

Такі фактори актуалізують з новою силою питання ефективного використання енергоресурсів шляхом використання енергоефективного обладнання вентиляційних систем та систем обробки повітря що має високий ККД та має високий рівень надійності в умовах постійної експлуатації для забезпечення умов мікроклімату будівель та технологічних процесів.

## Викиди парникових газів за секторами, Світ

Викиди вимірюються в еквівалентах вуглекислого газу (CO<sub>2</sub>eq).



Джерело: Наш світ у даних на основі інструменту індикаторів кліматичного аналізу (CAIT). OurWorldInData.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions CC BY

Рис.2 Динаміка зростання викиду парникових газів по секторам господарства за період 1990-2019 років.

Взагалі вентиляція використовується дуже широко. Системи вентиляції споруджуються у квартирах, у громадських закладах (школах, лікарнях, спортклубах, басейнах, ресторанах), у виробничих приміщеннях тощо. Для різних цілей можуть застосовуватись різні типи вентиляційних систем. Зазвичай, якщо об'єм повітря, який повинен замінюватися в приміщенні в одиницю часу (м<sup>3</sup>/год), невеликий, застосовується природна вентиляція. Такі системи реалізовані в кожній квартирі та більшості громадських установ та організацій. При цьому використовується явище конвекції - нагріте повітря (має знижену щільність) йде через вентиляційні отвори і відводиться в атмосферу, а на його місце через нещільність у вікнах, дверях і т.д. підсмоктується свіже холодне (вища щільність) повітря з вулиці. При цьому немінучі втрати тепла, так як на підігрів холодного повітря, що надходить у приміщення, необхідні додаткова витрата теплоносія. Тому застосування навіть найсучасніших теплоізоляційних конструкцій та матеріалів під час будівництва не може повністю усунути теплові втрати. У наших квартирах 25-30% теплових втрат пов'язано саме з роботою вентиляції, а в усіх

інших випадках ця величина набагато вища. Оскільки згідно ДБН В. 2.5 – 67: 2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування» житлові приміщення мають значно менші вимоги до повітрообміну у порівнянні з промисловими та адміністративними будівлями. [2]

Системи примусової (штучної) вентиляції застосовуються за необхідності інтенсивного обміну великих обсягів повітря, що зазвичай пов'язано з попередженням зростання концентрації небезпечних речовин (шкідливих, токсичних, пожежонебезпечних, що мають неприємний запах) у приміщенні. Примусова вентиляція реалізується у виробничих приміщеннях, на складах, сховищах с/г продуктів і т.д.

Використовуються системи примусової вентиляції трьох типів:

- припливна вентиляція;
- витяжна вентиляція;
- комбіновані системи вентиляції

Припливна система складається з повітрорудки, що нагнітає свіже повітря в приміщення, припливного повітроводу та системи рівномірного розподілу повітря в обсязі приміщення. Надмірний обсяг повітря при цьому витісняється через нещільність у вікнах, дверях і т.д.

Витяжна система складається з повітрорудки, що відкачує повітря з приміщення в атмосферу, витяжного повітроводу та системи для рівномірного відведення повітря з об'єму приміщення. Свіже повітря в цьому випадку підсмоктується в приміщення крізь різні нещільності або спеціальні підводні системи.

Комбіновані системи є суміщені припливно-витяжні системи вентиляції. Використовуються, як правило, при необхідності інтенсивного обміну повітря у великих приміщеннях; при цьому споживання тепла на підігрів свіжого повітря максимально.

Застосування систем природної вентиляції та окремих систем витяжної та

					<b>601НТ -11393312.3П</b>	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

припливної вентиляції не дозволяє використовувати тепло повітря, що відводиться для підігріву свіжого повітря, що надходить у приміщення.

При експлуатації комбінованих систем існує можливість утилізації тепла вентиляційних викидів для часткового підігріву припливного повітря і зниження споживання теплової енергії. Залежно від різниці температур повітря у приміщенні та на вулиці витрата тепла на підігрів свіжого повітря може бути знижена на 40 – 60%. Підігрів може здійснюватися в регенеративних та рекуперативних теплообмінниках. Перші краще, тому що мають менші габарити, металомісткість і гідравлічний опір, мають більшу ефективність і тривалий термін служби (20-25 років).

Повітропроводи підводяться до теплообмінних апаратів, і тепло передається безпосередньо від повітря до повітря через стінку, що розділяє, або насадку, що акумулює. Але в деяких випадках існує необхідність рознесення припливного і витяжного повітроводів на значну відстань. У такому разі може бути реалізована схема теплообміну з проміжним циркулюючим теплоносієм.

Єдиний недолік – дещо підвищується гідравлічний опір повітряного тракту та витрата електроенергії на привід повітродувки. Але переваги настільки значні і очевидні, що попередній підігрів повітря безпосередньо у вентиляційній системі можна рекомендувати в переважній більшості випадків.

Для того, щоб забезпечити можливість утилізації тепла у разі використання систем припливної або витяжної систем вентиляції окремо, необхідно організувати централізоване відповідно відведення або підведення повітря через спеціально змонтовані димарі. При цьому необхідно усунути всі щілини та нещільності, щоб виключити некерований видування або підсмоктування повітря.

Системи теплообміну між повітрям і свіжим, що видаляється з приміщення, можна використовувати не тільки для підігріву припливного повітря в холодну пору року, але і для охолодження його влітку, якщо приміщення (офіс) обладнане кондиціонерами. Охолодження до температур нижче за температуру

					601НТ -11393312.3П	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

навколишнього середовища завжди пов'язане з високими витратами енергії (електроенергії). Тому знизити витрату електроенергії на підтримку комфортної температури в приміщенні в жарку пору року можна попереднім охолодженням свіжого повітря холодним повітрям, що відводиться.

					601НТ -11393312.3П	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СИСТЕМ УТИЛІЗАЦІЇ ТЕПЛОТИ ПОВІТРЯ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЇ

### 1.1 Актуальність підвищення енергоефективності механічних систем вентиляції шляхом утилізації тепла

На сьогодні відомі численні недоліки природної витяжної вентиляції, що встановлюється у житлових будинках масової забудови. В останні роки у зв'язку з підвищенням герметичності будівель, збільшенням вмісту в них синтетичних оздоблювальних матеріалів, посиленням вимог до якості внутрішнього мікроклімату ці недоліки ще більше загострилися.

До недоліків природної вентиляції слід віднести і те, що вона погано узгоджується із сучасними вимогами енергозбереження. Під час встановлення терморегуляторів на опалювальних приладах з'явилася реальна можливість економії тепла в системі опалення. При цьому від 30 до 75% у встановленій тепловій потужності системи становить потреба в теплоті на нагрівання вентиляційного повітря. Енергозбереження було б найефективнішим, якби вентиляція могла працювати зі змінною витратою повітря. Організувати таке регулювання при природній вентиляції практично неможливо, тому встановлюють механічну вентиляцію.

У зв'язку з постійним зростанням цін на енергоресурси останнім часом все більш актуальними стають прилади, здатні економити теплову, електричну та інші види енергії. Також давно ні в кого немає сумнівів необхідність дихати свіжим чистим повітрям в офісах, будинках, квартирах на виробництвах і т.д. Негативним фактором впровадження у будівельні технології сучасних віконних конструкцій та дверних блоків є порушення повітрообміну внаслідок герметизації приміщення та невідповідності вентиляційних схем діючим нормам та правилам.

Наприклад, тільки дихання кожної людини і нормальне випаровування води через пори на шкірі може додавати в повітря до 4,3 л пари на добу. Вологе

					601НТ -11393312.3П	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

повітря має виводитися назовні та замінюватися свіжим.

Повітря, що знову надходить, повинно проникати у всі кімнати будинку таким чином, щоб забезпечувалося його повне і ефективне провітрювання. Високоєфективні системи вентиляції забезпечують житлові приміщення дуже високої якості повітрям.

Нині понад 80% ринку Європи у секторі вентилявання міцно утримують моноблочні припливно-витяжні установки. Основа припливно-витяжної моноблочної установки – вентилятори. Саме вони забирають повітря з вулиці та женуть його до приміщення і навпаки видаляють із приміщення забруднене повітря. Решта елементів вирішують додаткові завдання. Припливно-витяжні системи служать для подачі в вентиляовані приміщення чистого повітря замість віддаленого і є логічним продовженням розвитку вентиляційного обладнання, призначеного для обробки та роздачі повітря приміщення через мережу повітроводів. Припливне повітря в необхідних випадках піддається спеціальній обробки (очищення, нагрівання, зволоження тощо): система сприяє підтримці тепла всередині сучасного будинку, і перш ніж взяте з вулиці холодне свіже повітря розподіляється по приміщеннях, воно нагрівається. Попередньо нагріте повітря кардинально змінює рівень комфорту в будинку, оскільки воно не знижує температуру внутрішніх приміщень.

## **1.2 Види систем утилізації тепла в системах вентиляції**

Можливість об'єднати енергозберігаючі технології та подачу свіжого підготовленого повітря в приміщення установки з рекуперацією (від латинського recuperatio – отримання назад, повернення).

Установки з рекуперацією тепла очищають, нагрівають, подають свіже повітря та видаляють повітря з приміщення. Установки використовують енергію повітря, що видаляється для нагріву повітря, що надходить. Продуктивні

					601НТ -11393312.3П	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

безшумні вентилятори оснащені економічним двигуном з електронною комутацією (ЕС). Сучасні технології дозволяють виготовляти вентилятори високої надійності та високим рівнем енергоефективності. Пластинчастий теплообмінник має високу ефективність тепловіддачі – до 85%. В установках використовуються електричні або водяні нагрівачі повітря, що відрізняються низьким опором повітряному потоку, а відповідно і низьким рівнем шуму. Установки з рекуперацією виробляються з інтегрованими можливостями управління та спостереження:

- Регулює швидкість обертання двигунів вентиляторів від 0 до 100%.
- Управління передачею заслінки «bypass» електричного нагрівача, пластинчастого теплообмінника за встановленою та виміряною температурою повітря, що подається.
- Функція захисту від обмерзання пластинчастого теплообмінника.
- Управління передачею повітрязабірної заслінки.
- Можливість підключення різних датчиків з метою керування швидкістю обертання двигунів вентиляторів.

Стабільна вентиляція повітря в приміщенні необхідна для забезпечення комфортного мікроклімату в різних приміщеннях. Традиційне провітрювання через вікна забезпечує приплив свіжого повітря, але створює низку незручностей (протяги, шум, неприємні запахи та пил). Монтаж припливно-витяжної вентиляційної системи дозволяє вирішити цю проблему. Завдяки роботі системи вентиляції у приміщенні завжди буде свіже та чисте повітря. При проектуванні систем опалення та вентиляції для житлових та комерційних будівель важливо забезпечити їхню високу енергоефективність та економічність. І саме тут стане в нагоді рекуперація тепла в системах вентиляції, тобто з поверненням тепла назад до будівлі, разом із чистим свіжим повітрям.

Припливно-витяжні вентиляції з рекуперацією тепла працюють за

					<b>601HT -11393312.3П</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

принципом теплообміну: нагріти в приміщенні повітря проходить через теплообмінник, нагріваючи його елементи з високою теплопровідністю, такі як мідь, алюміній або оцинкована сталь. З іншого боку теплообмінника підводиться холодне повітря з вулиці, яке нагрівається від нагрітих елементів теплообмінника. Автоматичне керування підтримує задані параметри температури. У разі великих перепадів температур усередині та зовні будівлі, система може додатково комплектуватися агрегатами незалежного нагріву, такими як теплові насоси, електрообігрівачі тощо.

Особливостями таких систем є:

- Потік повітря циркулює замкнутим контуром, без змішування із зовнішнім повітрям, що забезпечує чистоту повітря в приміщенні;
- Передбачено додаткову фільтрацію повітря для захисту обладнання від забруднень, включаючи пилок, грязь, дрібних комах;
- Відпрацьований повітря також проходить очищення від шкідливих домішок, біологічних компонентів та неприємних запахів;
- Утеплення припливної установки допомагає стабілізувати температуру повітря, що надходить, та знижує рівень шуму в приміщенні. Використання звукоізованих корпусів дозволяє зробити роботу системи практично безшумною;

Теплообмінники є важливою частиною систем вентиляції, забезпечуючи ефективний теплообмін між повітрям, що надходить і викидається. Існує кілька типів теплообмінників, які у системах вентиляції.

Пластинчасті теплообмінники Цей тип теплообмінників складається з безлічі паралельно встановлених пластин, що створюють безліч вузьких каналів для теплообміну. Вони забезпечують високий рівень тепловіддачі та компактні розміри, що робить їх придатними для різних вентиляційних систем.

Регенеративні теплообмінники: Ці теплообмінники використовуються для

					601HT -11393312.3П	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ефективної рекуперації тепла з повітря, що викидається. Вони зазвичай містять теплообмінні елементи, що обертаються, які забезпечують високий ступінь теплообміну і підвищену енергоефективність.

Трубчасті теплообмінники: Цей тип теплообмінників складається з безлічі труб, через які проходять повітря, що надходить і викидається. Вони забезпечують надійний теплообмін та широко застосовуються в системах вентиляції великих приміщень.

Одним з основних елементів конструкції теплообмінників є теплообмінні поверхні, які є спеціально спроектованими поверхнями, що забезпечують максимальний контакт між потоками повітря і теплообміном. Конструкція теплообмінників також включає корпус, в якому розміщені теплообмінні поверхні, а також системи розподілу повітря і управління процесом теплообміну.

Залежно від типу теплообмінника конструкція може включати різні елементи, такі як пластини, трубки, решітки та фільтри, що забезпечують оптимальні умови для теплообміну та очищення повітря. Також важливим аспектом конструкції є наявність системи очищення та обслуговування, що забезпечує ефективну роботу теплообмінника протягом усього терміну експлуатації.

Кожен із цих теплообмінників має свої переваги та підходить для певних умов експлуатації в системах вентиляції. Вибір відповідного типу теплообмінника залежить від конкретних параметрів системи та вимог до ефективності теплообміну.

Рекуператори тепла в системі вентиляції мають ряд характеристик, що визначають їх функціональність та енергоефективність.

Однією з основних характеристик рекуператорів тепла є коефіцієнт теплопередачі, який відбиває здатність пристрою передавати тепло між потоками повітря. Що коефіцієнт теплопередачі, то ефективніше працює

					601НТ -11393312.3П	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

рекуператор, скорочуючи споживання енергії на опалення і кондиціонування повітря.

- Рекуператори дозволяють ефективно передавати тепло від повітря, що входить, забезпечуючи економію енергії та зниження витрат на опалення.
- Низький протитиск та герметичність корпусу сприяють мінімізації витоків та забезпеченню плавного потоку повітря.
- Простота установки: рекуператори легко вбудовуються в систему вентиляції без необхідності значних змін у конструкції будівлі або приміщення.
- Поліпшення якості повітря та зниження шуму.
- Екологічність: використання рекуператорів знижує викиди парникових газів та інших шкідливих речовин в атмосферу, тому що вони використовують тепло повітря, що виходить для нагріву вхідного, а не зовнішні джерела енергії.

Один із найпоширеніших методів розрахунку рекуперації тепла – це метод ефективності теплообміну. Він ґрунтується на оцінці відсотка тепла, яке може бути рекуперовано в системі вентиляції, та дозволяє оцінити корисну теплову потужність, яка використовуватиметься для опалення повітря. Розрахунки проводяться на основі характеристик рекуператора, температур повітря на вході та виході із системи, а також витрати повітря.

Іншим методом розрахунку є метод теплового балансу системи. Він дозволяє врахувати всі теплові потоки в системі вентиляції, включаючи теплові втрати через стіни, вікна та стелю, а також теплові втрати або прирости через повітропроводи та рекуператори. Цей метод дозволяє повніше оцінити вплив рекуперації тепла на тепловий баланс приміщення та оптимізувати систему вентиляції з урахуванням ефективності теплообміну.

Також існують математичні моделі, які дозволяють проводити детальний розрахунок рекуперації тепла у системах вентиляції з урахуванням різних параметрів, таких як швидкість потоку повітря, теплопровідність матеріалів та

					<b>601НТ -11393312.3П</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

температурні характеристики довкілля.

### 1.3 Утилізація теплоти даховим кондиціонером

При цьому, з появою нового завдання, виникає необхідність перегляду стандартних підходів у вирішенні комплексу окремих завдань, оптимізації інвестицій та ефективності застосовуваних для конкретного об'єкта рішень. Нерідко вибір багатфункціонального обладнання виявляється для власника більш вигідним та ефективним, ніж застосування сукупності окремих спеціалізованих систем, особливо якщо це обладнання є компактнішим, простіше в експлуатації, дешевшим та економічнішим.

Автономні моноблочні кондиціонери типу руфтоп (roof-top), є саме таким багатфункціональним обладнанням, що дозволяє виконувати відразу три функції:

- опалення;
- вентиляція;
- кондиціонування.

Дахові кондиціонери мають потужність від 8 до 140 кВт і витрати повітря від 1500 до 25000 м<sup>3</sup>/год. Завдяки моноблочній конструкції ці кондиціонери відрізняються простотою монтажу та обслуговування. За своїми характеристиками та сферою застосування дахові кондиціонери близькі до центральних кондиціонерів. Принципова відмінність між ними полягає в тому, що даховий кондиціонер є моноблоком і встановлюється на даху, а центральний кондиціонер встановлюється в приміщенні, але йому необхідна зовнішня джерела холоду.

На відміну від системи чиллер-фанкойл та мультизональної системи, даховий кондиціонер має можливість проводити не тільки кондиціонування, а й вентиляцію приміщення, при цьому для змішування повітря використовується

					<b>601HT -11393312.3П</b>	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

спеціальна змішувальна камера, в якій відбувається регулювання співвідношення внутрішнього та зовнішнього повітря . У той же час, собівартість дахового кондиціонера порівняно з вищеназваними промисловими системами досить невелика.

У той же час даховий кондиціонер має ряд недоліків, до яких слід віднести досить високий ступінь енергоспоживання, яке досягає порядку 80 Вт/кв.м. Ще один недолік дахового кондиціонера – це необхідність наявності обслуговуючого персоналу. При цьому відсутня можливість керувати режимом роботи дахового кондиціонера індивідуально для кожного приміщення, всі режими та налаштування роботи такого кондиціонера задаються централізовано.

Крім того, для встановлення дахового кондиціонера потрібне місце на даху будівлі, що далеко не завжди може узгоджуватись з архітектурним рішенням. Ще одним важливим моментом у разі використання дахових кондиціонерів є необхідність прокладання магістральних повітроводів, при цьому використовуються повітроводи великого перерізу. Таким чином, вартість установки кондиціонера дахового типу виявляється досить високою, що також стосується недоліків таких кондиціонерів.

Як правило, покрівлі використовуються для обслуговування таких архітектурних об'єктів, як театри, великі спортивні та торгові комплекси, концертні зали, кафе, ресторани, криті стадіони.

Як і всі кондиціонери, даховий кондиціонер містить стандартний набір вузлів та агрегатів, а саме: конденсатор, компресор, випарник, вентилятори. Крім того, в комплектацію може входити змішувальна камера, в якій здійснюється змішування рециркуляційного повітря (що забирається безпосередньо з приміщення) та зовнішнього повітря з вулиці, а також електричний або водяний калорифер, що служить для нагрівання повітря в холодну пору року.

										Арк.
										19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601НТ -11393312.3П					





живиться мотоконденсуючою групою. Теплообмін проводиться за допомогою прямого контакту повітря із поверхнями батареї випаровування. Технологія прямого розширення дозволяє уникнути використання проміжного теплоносія (води), зводячи до мінімуму теплові втрати ( $E.E.R > 4.0$ ).

E.E.R (Energy Efficiency Ratio) – коефіцієнт енергоефективності – це ще один показник ефективності кондиціонера. EER також вимірює кількість теплової енергії, яку кондиціонер здатний виробити за певного енергоспоживання, але на відміну від COP, EER розраховується виключно в режимі охолодження.

COP (Coefficient of Performance) – коефіцієнт продуктивності – це показник, який відбиває ефективність кондиціонера у режимі охолодження чи обігріву. Простими словами, COP показує, скільки одиниць теплової енергії кондиціонер здатний зробити за певного енергоспоживання. Що COP, то ефективніший кондиціонер, оскільки він споживає менше енергії задля забезпечення тієї ж теплової потужності.

<b>A</b>	<b>A</b>	$EER > 3.20$	<b>A</b>	$COP > 3.60$
<b>B</b>	<b>B</b>	$3.20 \geq EER > 3.00$	<b>B</b>	$3.60 \geq COP > 3.40$
<b>C</b>	<b>C</b>	$3.00 \geq EER > 2.80$	<b>C</b>	$3.40 \geq COP > 3.20$
<b>D</b>	<b>D</b>	$2.80 \geq EER > 2.60$	<b>D</b>	$3.20 \geq COP > 2.80$
<b>E</b>	<b>E</b>	$2.60 \geq EER > 2.40$	<b>E</b>	$2.80 \geq COP > 2.60$
<b>F</b>	<b>F</b>	$2.40 \geq EER > 2.20$	<b>F</b>	$2.60 \geq COP > 2.40$
<b>G</b>	<b>G</b>	$2.20 \geq EER$	<b>G</b>	$2.40 \geq COP$

Рис.5 Таблиця класів енергоефективності кондиціонерів

Для позначення енергоефективності побутової техніки є сім категорій, що позначаються літерами від А (найкращої) до G (найгіршої). Кондиціонери категорії А мають  $COP > 3.6$  та  $ERR > 3.2$ , а категорії G —  $COP < 2.4$  та  $ERR < 2.2$ . Слід зазначити, що споживана потужність та потужність охолодження зазвичай вимірюються відповідно до стандарту ISO 5151 (температура

внутрішня приміщення 27 ° С, зовні 35 ° С). За зміни цих умов потужність і ККД кондиціонера будуть меншими.

Саме завдяки рекуперації тепла досягається високий клас енергоефективності таких пристроїв, також використання інверторного електродвигуна в кондиціонері дозволяє підвищити його ефективність у всіх режимах роботи.

Секції охолодження обладнані спіральними (Scroll) компресорами та незалежними контурами охолодження, що використовують екологічно чисте робоче тіло R407C. Секція обробки повітря оснащена камерою змішування рециркуляційного та зовнішнього повітря, повітряними фільтрами та відцентровими вентиляторами. Завдяки ламінаризації та вдалій аеродинаміці повітряного потоку, виробнику вдалося домогтися зниження споживаної потужності вентиляторів та рівня шуму. Вентиляторна група складається з одного або кількох відцентрових вентиляторів зі шківо-пасовим приводом, який дозволяє регулювати тиск і витрату повітря в межах 30%. Все управління здійснюється автоматично мікропроцесорним контролером, при необхідності існує можливість підключення до комп'ютера і дистанційного керування.

Діапазон робочих температур зовнішнього повітря для руфтопів стандартного виконання становить до +40 ° С - для режиму охолодження, і до -22 ° С для режиму нагрівання. Крім стандартного виконання, можливе замовлення руфтопа у високонапірному (450 Па і 800 Па), а також низькотемпературному (-30 ° С або -45 ° С) виконання. Оснащення руфтопів також є доволі різноманітним, і для зручності та надійності роботи може бути укомплектований рядом додаткових пристроїв: регулятором швидкості обертання вентиляторів обдування, виносними датчиками температури, вологості, якості повітря, регульованими повітряними заслінками з ручним або електроприводами, економайзером з ручним або електроприводним

					<b>601HT-11393312.3П</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

регулюванням, віброгасінням комплект , платою управління автоматичною заслінкою.

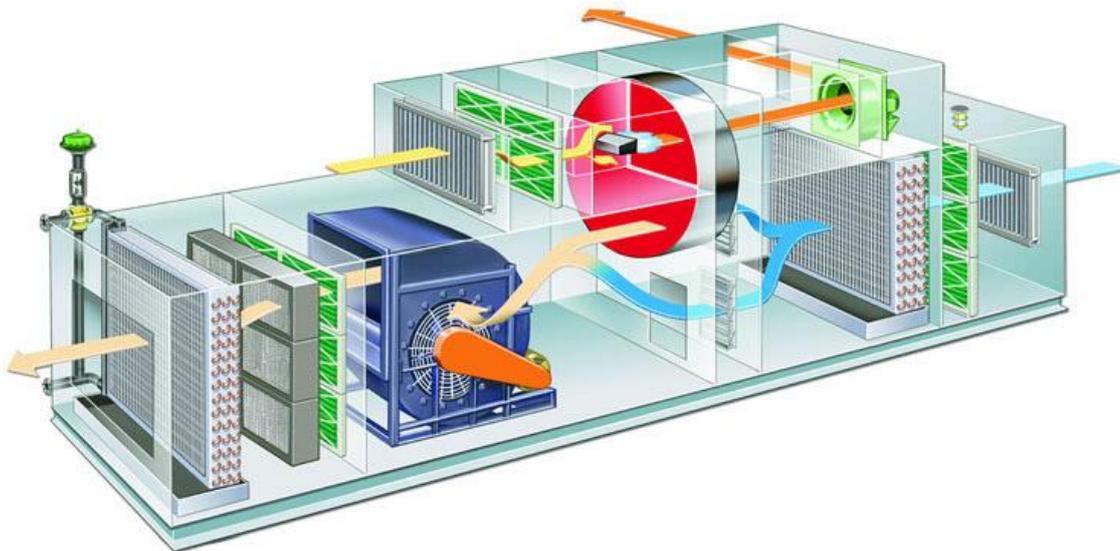


Рис.6 Схема потоків повітря дахового кондиціонера типу руфтоп.

Свіже повітря забирається з вулиці через огорожу кондиціонера. Рециркуляційне повітря (з приміщення, що обслуговується) забирається з приміщення по системі повітроводів і подається в змішувальну камеру, де змішується зі свіжим повітрям. Необхідне співвідношення свіжого та рециркуляційного повітря забезпечується зміною положення заслінок. У кондиціонерах малої потужності може бути відсутня змішувальна камера з жалюзійними заслінками, тому змішання в цьому випадку необхідно виконувати в повітропроводі, що підводить.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

601HT -11393312.3П

Арк.

24

### ЕКОНОМАЙЗЕР

Економайзером називають камеру змішування зовнішнього і витяжного повітря. Повітряні клапани зовнішнього і витяжного повітря приводяться в дію одним приводом (входить до стандартної комплектації). Пропорція подачі повітря змінюється за допомогою пульта управління даховим кондиціонером.

- 1 - припливне повітря
- 2 - рециркуляційне повітря
- 3 - свіже (зовнішнє) повітря

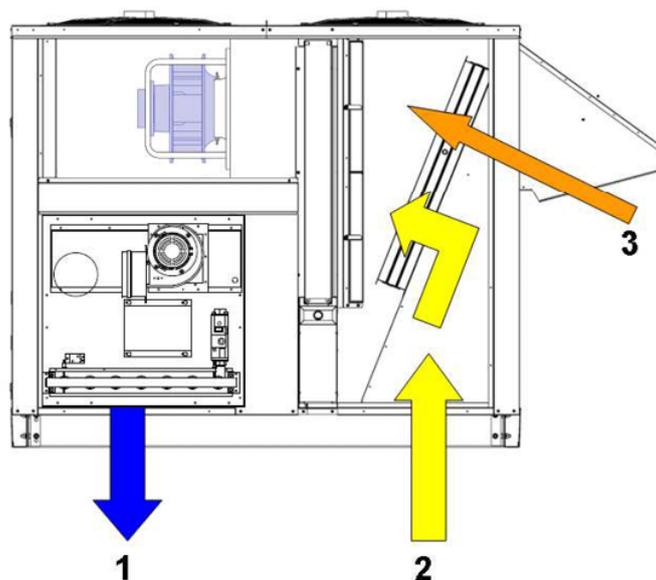


Рис.7 Схема роботи дахового кондиціонера типу рифтоп.

Зі змішувальної камери повітря проходить через фільтр і подається до теплообмінника (випарника або конденсатора) холодильної машини, де воно охолоджується або нагрівається (у кондиціонерах з тепловим насосом). Для підігріву повітря в кондиціонер може вбудовуватися додатковий електричний або водяний нагрівач (можливий газовий нагрівач, але він використовується досить рідко). Після теплообмінників повітря з необхідною температурою подається відцентровим вентилятором у систему розподільчих повітроводів. Повітря для охолодження конденсатора холодильного циклу забирається з атмосфери спеціальним вентилятором, який також входить у конструкцію кондиціонера, і потім викидається на вулицю.

За потужністю і кількістю повітря, що подається в приміщення повітря, дахові кондиціонери можна умовно розділити на три групи - малої, середньої і великої потужності. Основна відмінність полягає в організації забору повітря з вулиці та з приміщення, змішування повітря та подачі його в розподільчі повітроводи. Найбільш складними як по конструкції, так і за можливими модифікаціями є кондиціонери великої потужності без теплового насоса і з тепловим насосом.

										Арк.
										25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601НТ -11393312.3П					

Газове нагрівання Функція газового нагріву, що використовується в дахових кондиціонерах, дозволяє підігрівати повітря і подавати його в опалювальне приміщення протягом перехідного і холодного періодів року. Крім цього, застосування функції газового нагріву в даховому кондиціонері значно зменшує навантаження на тепловий пункт будівлі та відповідно значно зменшує необхідну потужність котла. Більше того, при нагріванні повітря в приміщенні за допомогою газового пальника встановленого безпосередньо в даховому кондиціонері зменшуються втрати, і збільшується ККД системи за рахунок того, що пропадає проміжна ланка (система гарячої води) між природним газом та підігрітим повітрям. Термостат контролю полум'я газового пальника виключає можливість виходу з ладу агрегатів дахового кондиціонера при роботі на обігрів. Дахові кондиціонери характеризуються широким діапазоном потужностей - від 8 до 140 кВт за холодом і теплом, і відповідними витратами повітря від 1500 до 25000 м<sup>3</sup>/год.

#### **1.4 Висновки до розділу №1**

Отже дахові кондиціонери типу “руфтоп” є сучасним універсальним рішенням що дозволяє вирішити одразу декілька задач пов’язаних з вентиляцією, опаленням та кондиціонуванням повітря приміщень великих об’ємів а також гарантує високий рівень енергоефективності у експлуатації

Але слід зазначити що встановлення дахових кондиціонерів тягне за собою низку підготовчих питань як при новому будівництві так і при реконструкціях існуючих споруд а також вимагає значних капіталовкладень.

Тому в даній роботі пропонується визначити техніко-економічні показники роботи системи вентиляції адміністративно-складського приміщення в якому руфтопи будуть забезпечувати потребу в вентилляції та теплоті в різних режимах а отримані техніко-економічні показники будуть порівняні з іншими системами

					<b>601НТ -11393312.3П</b>	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вентиляції будівлі що розглядається.

## **РОЗДІЛ 2 РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА СИСТЕМУ ОПАЛЕННЯ ТА ВЕНТИЛЯЦІЇ**

### **2.1 Загальні дані для розробки проекту**

Даний розділ проекту розроблений на основі технологічного завдання, архітектурно-будівельних креслень, технічних умов та згідно з діючими нормативними документами:

- ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція і кондиціонування»;
- ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія»;
- ДСТУ Б А.2.4-41:2009 «Опалення, вентиляція і кондиціонування»; - ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція будівель»;
- ДБН В.2.2-28:2010 «Будинки адміністративно-побутового призначення»; - ДБН В.2.2-43:2021 «Складські будівлі»;
- ДБН В.1.1.7-2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва»;
- ДСН 3.3.6.024-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень».

### **2.2 Кліматичні показники зовнішнього повітря**

Температурна зона з карти температурного зонування України (додаток А)- І. (ДБН В.2.6-31:2021).

Розрахункова географічна широта 49°36' пн.ш. м.Полтава.

Холодний період року для проектування опалення

- температура - мінус 23 °С;
- опалювальний період - 178 діб; - середня температура опалювального періоду – мінус 0,8°С; Теплий період року для проектування вентиляції:
- температура - плюс 25°С;

									Арк.
									27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601НТ -11393312.3П				

Теплий період року для проектування кондиціонування:

- температура - плюс 29°C

Розрахункові параметри зовнішнього повітря прийняті на підставі ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія».

Кількість градусо-днів опалювального періоду - 3721.



Рис.8 зовнішній вигляд будівлі що розглядається

### 2.3 Визначення повітрообміну в приміщеннях

Для забезпечення нормативних параметрів внутрішнього повітря, установлених санітарними нормами і нормами техніки безпеки, у всіх приміщеннях передбачається припливно-витяжна вентиляція з механічним та природним спонуканням.

Вентиляція АПК припливно-витяжна механічна передбачена за допомогою підвісних та підлогових вентиляційних установок фірми SALDA.

Припливна вентиляція приміщення склада здійснюється даховими кондиціонерами

					601НТ -11393312.3П	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

(Руфтопами) фірми АСМ. Витяжна вентиляція склада передбачена за допомогою дахових вентиляторів.

Нагрів зовнішнього повітря у вентиляційних установках ПВ14 відбувається у водяних теплообмінниках в усіх інших вентустановках електричний підігрів зовнішнього повітря.

Для вентиляції кожної з груп приміщень зонально передбачається припливно-витяжні системи з рекуператорами. Окремі витяжні системи передбачаються для вентиляції технічних приміщень, душових, санвузлів.

У місцях перетину повітроводами стін, передбачається установка протипожежних клапанів з електроприводом КПУ - 1Н, з межею вогнестійкості 1 ч. Клапани оснащені автоматичними, і дистанційно керованими приводами. Вогнестійкість магістральних повітропроводів прийнята згідно ДБН В.2.5-67:2013 (з урахуванням ДБН В.2.3-15:2007 п.8.39).

На кожному відгалуженні повітропроводів передбачається встановлення дросель-клапанів і спеціальних пітометражних лючків для пусконаладження і експлуатаційного регулювання.

#### Розрахунок повітрообміну по нормативній кратності

Повітрообміни по кратності визначаються для інших допоміжних приміщень за формулою:

$$L_p = K_p * V_{\text{прим.}} \quad (2.1)$$

Де  $K_p$  – нормативна кратність повітрообміну  $V_{\text{прим.}}$  – внутрішній об'єм приміщення.

#### Вентиляційний баланс по будівлі.

Значення повітрообміни в кожному приміщенні заносу до таблиці окремо по притоку і по видаленню. Різниця між ними – дисбаланс (по притоку або по видаленню) подається (чи видаляється) в загальне приміщення. Дані занесено до у **таблиці 1.**

					601НТ -11393312.3П	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1 Розрахунків повітрообміни приміщень

№№ п/п	Найменування приміщення	Об'єм примі- щення Уп, м³	Кратність повітрообмі- нуза год		Повітрообмін L, м³/год		Найменування системи	
			Приплив	Витяжка	Приплив	Витяжка	Приплив	Витяжка
1а	Сухий склад	81968	За розрахунком			20000	К1-К5	В36- В43
5а	Приймальне приміщення	91	3	3	280	280	ПВ14	ПВ14
7а	Санвузол1	12	100м3/год на унітаз			100		В33
9а	Санвузол для співробітників 1-1	5				100		В33
9а	Санвузол для співробітників 1-2	5				100		В33
9а	Санвузол для співробітників 1-3	5				100		В33
11а	Санвузол для співробітників 2-1	5				100		В33
11а	Санвузол для співробітників 2-2	5				100		В33
11а	Санвузол для співробітників 2-3	5				100		В33
12а	Санвузол для водіїв	8						100
14а	Приміщення вбирального інвентарю	12				50		В33
16а	Приміщення сушіння тари	96		2		200		В29
17а	Приміщення мийки тари	37		2		100		В29
18а	Приміщення прийому та видачі документів водієві	72	2	2	150	150	ПВ13	ПВ13
19а	Приміщення пожежного посту	71		2		150		В34
16	Рампа приймального відділення №2	702		1		700		В32
26	Приміщення для макулатури	333		1		340		В31
36	Приміщення електрощитової	221		1		220		В30
56	Приміщення зарядної	330	1,5	1,5	500	500	П2	В35
3с	Приміщення відпочинку водіїв	151	2	2	300	300	ПВ1	ПВ1
4с	Санвузол	32				300		В1
5с	Кабінет	84		1,5	120	120	ПВ1	ПВ1

									Арк.
									30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601НТ -11393312.3П				

## 2.4 Тепловий баланс приміщення. Визначення потужності систем опалення та вентиляції

Розрахунок теплонадходжень та теплових втрат для розрахункового приміщення слід виконувати для трьох періодів: холодного, перехідного та теплого. Теплові втрати в житлових та громадських будинках відбуваються через зовнішні огорожі та на нагрівання повітря, що інфільтрує через нещільності у віконних та дверних отворах. Розрахунок теплових втрат слід вести з урахуванням прийнятого значення температури внутрішнього повітря холодного періоду. Теплонадходження від системи опалення  $Q_{co}$ , Вт, визначають шляхом перерахунку теплових втрат на розрахункову температуру внутрішнього повітря опалення. Розрахункова температура внутрішнього повітря приймається за нормами. Теплонадходження у житлових та громадських будівлях складаються з наступних складових:

- Надходження тепла від людей;
- Надходження тепла від джерел штучного висвітлення;
- Надходження тепла від сонячної радіації через вікна та покриття;
- Надходження тепла від устаткування.

## 2.5 Розрахункові дані огорожувальних конструкцій будівлі

Головною задачею теплотехнічного розрахунку – є визначення термічного опору теплопередачі  $R_0$ , і товщини ізоляційного шару огороження, для забезпечення в приміщеннях будівлі нормативних параметрів температурного режиму з урахуванням потрібних економічних показників.

Розрахунок виконаний згідно: - ДБН В.2.6-31:2021 – “Теплова ізоляція будівель”; - ДБН В.2.5-67:2013 – “Опалення, вентиляція та кондиціонування”; - ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 – “Будівельна кліматологія”.

Тепловологісний режим приміщень будинків і споруд в опалювальний період (ДБН В.2.6-31:2021 додаток Б таблиця Б.1 – Градація вологісного режиму

					601НТ -11393312.3П	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

приміщень) – нормальний (відносна вологість внутрішнього повітря  $\phi_v = 50\%$ ).

Розрахунок робимо по графі "Б" (ДБН В.2.6-31:2021).

Згідно з ДБН В.2.6-31:2021 допустимий перепад між температурою внутрішнього повітря та температурою внутрішньої поверхні стін складає  $\Delta t_{ст} = 5^\circ\text{C}$ , покриття та перекриття горіщ  $\Delta t_{ст} = 4^\circ\text{C}$ , перекриття  $\Delta t_{ст} = 2,5^\circ\text{C}$ .

Термін ефективною експлуатації теплоізоляційної оболонки та її елементів складає не менше 25 років, що відповідає вимогам ДБН В.2.6-31:2021.

Наближений розрахунок теплових навантажень системи опалення, вентиляції та кондиціонування повітря можливо виконати за методикою наведеною нижче і залежить в основному від кліматичних умов: температури зовнішнього повітря, напряму та швидкості вітру, вологості повітря та ін. Навантаження гарячого водопостачання залежить від ступеня благоустрою будівлі та має змінний добовий графік, а річний графік певною мірою залежить від пори року. Літні навантаження, як правило, нижчі за зимові внаслідок вищої температури водопровідної води та менших втрат теплопроводів. Максимальний тепловий потік на опалення житлових та громадських будівель,  $Q_t$  дорівнює:

$$Q_{oMax} = q_0 \cdot A (1 + k_1) \quad (2.2)$$

де  $q_0$  - укрупнений показник максимального теплового потоку на опалення 1 м<sup>2</sup> будівлі, Вт;

$A$  – загальна площа будинку, м<sup>2</sup>;

$k_1$  - Коефіцієнт, що враховує тепловий потік на опалення будівлі,  $k_1 = 0$  для житлових будівель;  $k_1 = 0,25$  для громадських будівель.

Максимальний тепловий потік на вентиляцію для громадських будівель,  $Q_v$  дорівнює:

$$Q_{vMax} = q_v \cdot A \cdot k_1 \cdot k_2 \quad (2.3)$$

де  $k_1$  - коефіцієнт, що враховує тепловий потік для опалення громадських будівель,  $k_1 = 0,25$ ,  $k_2$  - коефіцієнт, що враховує тепловий потік на вентиляцію

									Арк.
									32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601НТ-11393312.3П				

громадських будівель;  $k_2 = 0,6$  для будівель, збудованих після 1985 року.

Для більш точного розрахунку необхідно використовувати методику з визначенням термічних опорів кожної за огорожуючих конструкцій при заданій температурі в приміщеннях що розглядаються враховуючи надходження тепла від інших джерел.

### **Мінімально допустимі значення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій**

Мінімально допустиме значення,  $R_{qmin}$ , опору теплопередачі непрозорих огорожувальних конструкцій, світлопрозорих огорожувальних конструкцій і дверей житлових і громадських будинків встановлюється згідно з табл.3 ДБН В.2.6-31:2021 залежно від температурної зони експлуатації будинку.

Коефіцієнт теплопередачі зовнішніх конструкцій, що захищають:

$$K_n = \frac{1}{\left[ \frac{1}{\alpha_n} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн}} \right]}, \frac{Вт}{м^2 \cdot К}, \quad (2.4)$$

$\alpha_n$  та  $\alpha_{вн}$  – коефіцієнти тепловіддачі, відповідно до зовнішньої та внутрішньої поверхонь стіни.

Термічний опір зовнішньої поверхні зовнішніх стін:

$$1/\alpha_n = 0,057 \frac{м^2 \cdot К}{Вт}. \quad (2.5)$$

Термічний опір внутрішньої поверхні приміщення з помірною циркуляцією повітря:

$$1/\alpha_{вн} = 0,111 \frac{м^2 \cdot К}{Вт}. \quad (2.6)$$

Зовнішня стіна складається з шарів:

Внутрішній шар ( $\delta_{ш}=25\text{мм}$ ;  $\lambda_{ш}=0,88 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ );

Сендвіч панель ( $\delta_{к}=300\text{мм}$ ;  $\lambda_{к}=0,42 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ );

Зовнішній облицювально-декоративний шар ( $\delta_{ш}=25\text{мм}$ ;  $\lambda_{ш}=0,88 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ );

Сумарний термічний опір огорожувальної конструкції:

$$\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} = 2,36 \frac{м^2 \cdot К}{Вт}. \quad (2.7)$$

									Арк.
									33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601НТ-11393312.3П				

Згідно з розрахунку значення опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій  $R_{qmin}$ ,  $m^2 \cdot K/Вт$ , становить:

**Приміщення складу**

для зовнішніх стін – 2,36  $m^2 \cdot K/Вт$ ;

для суміщеного покриття – 2,2  $m^2 \cdot K/Вт$ ;

для світлопрозорих огорожувальних конструкцій – 0,45  $m^2 \cdot K/Вт$ ;

для входних дверей – 0,6  $m^2 \cdot K/Вт$ .

**Адміністративно-побутові приміщення** для зовнішніх стін – 4,0  $m^2 \cdot K/Вт$ ; для суміщеного покриття – 7,0  $m^2 \cdot K/Вт$ ; для світлопрозорих огорожувальних конструкцій – 0,9  $m^2 \cdot K/Вт$ ; для зовнішніх дверей – 0,7  $m^2 \cdot K/Вт$ ; Опір теплопередачі підлоги на ґрунті:

- для 1 зони: 2,1  $m^2 \cdot K/Вт$ ;

- для 2 зони: 4,3  $m^2 \cdot K/Вт$ ;

- для 3 зони: 8,6  $m^2 \cdot K/Вт$ ;

- для 4 зони: 14,2  $m^2 \cdot K/Вт$ .

Тепловтрати приміщень у житлових та цивільних будівлях складаються з тепловтрат через огорожувальні конструкції (стіни, вікна, підлоги, перекриття) і витрат теплоти на нагрівання повітря, що інфільтрується в приміщення через нещільності в конструкціях, що захищають. Промислові будівлі враховують і інші витрати теплоти. Тепловтрати визначають через усі огорожувальні конструкції та для всіх опалюваних приміщень. Допускається не враховувати тепловтрати через внутрішні огороження, якщо різниця температур у приміщеннях, які вони поділяють, не перевищує 3<sup>0</sup>

Втрати теплоти, Вт, через огорожувальні конструкції розраховують формулі

$$Q_o = F ( t_{вн} - t_з \beta ) ( 1 + \Sigma \beta ) n / R_o , \quad (2.8)$$

де F - розрахункова площа огорожувальної конструкції,  $m^2$ ;  $t_{вн}$  – розрахункова температура повітря в приміщенні,  $^0C$ ;  $t_з$  - Розрахункова температура зовнішнього повітря,  $^0C$ ;  $\beta$  – додаткові тепловтрати, у частках від основних втрат;

									Арк.
									34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601НТ -11393312.3П				

$n$  - коефіцієнт що враховує положення зовнішньої поверхні огороження по відношенню до зовнішнього повітря;  $R_0$  – опір теплопередачі,  $m^2 \cdot ^\circ C/Wt$

Таблиця 2 Додаткові тепловтрати

Тип огороження	умови	Додаткові тепловтрати в долях
Зовнішні вертикальні стіни, вікна та двері:	при орієнтації на північ, схід, північний схід та північний захід;	0,1
	південний схід та захід	0,05
Зовнішні двері необладнані повітряною завісою при висоті будівлі $H$ , м	Потрійні двері з двома тамбурами	0,2 $H$
	Подвійні двері з тамбуром між ними	0,27 $H$
В кутових приміщеннях додатково для стін, вікон та дверей	Одна з огорож звернена на північ, схід, північний схід або північний захід	0,05
	Інші випадки	0,1

Таблиця 3 Значення коефіцієнта  $n$ , що враховує положення зовнішньої поверхні огорожі

Тип огорожувальної конструкції	$n$
Зовнішні стіни та перекриття, що стикаються із зовнішнім повітрям	1,0
Горищне перекриття	0,9
Перекриття над неопалюваним підвалом зі світловими отворами у стінах	0,75
Те ж без світлових прорізів	0,6

Витрата теплоти на нагрівання зовнішнього повітря, що інфільтрується, в житлових і громадських будинках для всіх приміщень

першому розрахунку визначають витрату теплоти  $Q_v$  на підігрів зовнішнього повітря, що надходить у приміщення внаслідок роботи витяжної вентиляції.

$$Q_v = 0,28 \cdot L \cdot p_n \cdot c \cdot (t_{вн} - t_3), \quad (2.9)$$



3с	Приміщення відпочинку водіїв	151	18	268,3	495,3
4с	Санвузол	32	18	56,9	105,0
5с	Кабінет	84	18	149,3	275,5
Разом		84250,		149714,	276336,0

Таблиця 5 Розрахункові теплові навантаження у холодний період

Найменування	Одиниця виміру	Кількість
Максимально часова витрата тепла у робочу годину:		
в) на опалення та	Вт	149 710
г) на вентиляцію складу	Вт	276 340
<b>Разом по складу</b>	<b>Вт</b>	<b>426 050</b>

Таблиця 6 Розрахункове теплове навантаження у перехідний період

Найменування	Одиниця виміру	Кількість
Максимально часова витрата тепла у робочу годину:		
в) на опалення та	Вт	59 884
г) на вентиляцію складу	Вт	110 536
<b>Разом по складу</b>	<b>Вт</b>	<b>170 420</b>

## 2.6 Тепловий баланс приміщення складу

Тепловий баланс приміщення Тепловий баланс розрахункового приміщення складається для визначення надлишків чи недоліків тепла, які має компенсувати система кондиціювання повітря. У приміщенні, в якому підтримується постійний (стаціонарний тепловий режим, що не змінюється в часі), повинен спостерігатися тепловий баланс.  $\sum Q = 0$  або  $Q_{\text{пост}} - Q_{\text{пот}} = 0$  або  $Q_{\text{надл}} = 0$ . Навіть якби в приміщенні не було систем забезпечення мікроклімату, тобто систем опалення, вентиляції та кондиціювання повітря, баланс тепла все одно дотримувався б, просто баланс існував би при температурах внутрішнього повітря, неприйнятні для людини.

									Арк.
									37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601НТ -11393312.3П				

Наявність системи кондиціонування повітря дозволяє забезпечити тепловий баланс за необхідної температури внутрішнього повітря. Таким чином, якщо при розрахунковій температурі внутрішнього повітря баланс не спостерігається, тобто мають місце надлишки або недоліки теплоти, повинна скоригувати баланс, ввівши в приміщення таку саму кількість теплоти, але з протилежним знаком.

Таким чином, для визначення розрахункової теплової (холодильної або опалювальної) здатності системи слід провести розрахунок надлишків теплоти в приміщенні шляхом підсумовування всіх теплових надходжень та тепловтрат з урахуванням знака (тепловтрати враховуються зі знаком "мінус"). Зазначимо, що терміни теплонадходжень та тепловтрати відображають лише напрямки потоків теплоти: теплонадходження – це потік теплоти всередину приміщення, а тепловтрати – потік теплоти з приміщення. Враховуючи наявність знака "мінус" перед значенням теплових втрат, результат підсумовування теплових надходжень і тепловтрат може виявитися як позитивним, так і негативним. У першому випадку говорять про надлишки теплоти в приміщенні, а в другому – про недоліки теплоти. Таблиця теплового балансу складається на три періоди року. Якщо в приміщенні виділяється волога, що зазвичай і буває в житлових та громадських будинках (волога надходить від людей), то надлишки та недоліки теплоти в приміщенні підраховуються окремо.

Для житлових та громадських будівель характерна наявність водяної системи опалення з місцевими нагрівальними приладами. Така система є постійною і працює цілодобово, на відміну від систем чергового опалення промислових будівель, які можуть відключатися в робочий час (насамперед це стосується систем повітряного опалення). Тому зазвичай при складанні таблиці теплового балансу громадських будівель передбачається, що система опалення буде працювати, і теплові надходження від неї включаються до однієї з колонок графі "теплонадходження".

Тепловий баланс для промислової будівлі зазвичай складається без

										Арк.
										38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601НТ -11393312.3П					

урахування теплонадходжень від опалення. Тепловтрати через огороження мають місце лише у холодний та перехідний період року, а надходження теплоти від сонячної радіації зазвичай враховується лише у теплий період року. Крім того, якщо теплонадходження від сонячної радіації через скління більше від розрахункових теплонадходжень від освітлення, то при підрахунку надлишків теплоти враховуються тільки вони, а якщо менше – тільки теплонадходження від освітлення.

Дана експрес-методика в основному використовується для розробки на базі нескладного (в проектному відношенні) кліматичного обладнання, такого як кондиціонери спліт-систем, а також кондиціонери віконного типу і моноблочного виконання. Для підбору необхідного по холодопродуктивності кондиціонера треба розрахувати тепло, що надходить у приміщення від сонячної радіації, освітлення, людей, оргтехніки і т.д.

В даному проекті система опалення повітря приміщення складу опалюється за рахунок підігріву повітря в дахових кондиціонерах. Тому тепловий баланс приміщення  $\Sigma Q$  буде мати відємне значення яке буде скориговане надходженнями теплоти

Розрахунок тепло вологого балансу приміщення Сумарні надходження, Вт:

$$\Sigma Q = \Sigma Q_o + Q_{л} + Q_{осв} + Q_{орг} , \quad (2.10)$$

$\Sigma Q_o$  - сумарний теплопритік через огорожувальні конструкції, Вт;

$Q_{л}$  - надходження тепла від людей, Вт;

$Q_{осв}$  - надходження тепла від штучного освітлення, Вт;

$Q_{орг}$  - надходження тепла від оргтехніки, Вт.

Сумарний теплопритік через огорожувальні конструкції, Вт:

$$\Sigma Q_o = \Sigma Q_{o. \Delta t} + \Sigma Q_{o. c. p} + \Sigma Q_{інф} , \quad (2.11)$$

$Q_{o. \Delta t}$  - надходження тепла через огорожувальні конструкції внаслідок теплопередачі, Вт;

$Q_{o. c. p}$  - надходження тепла огорожувальні конструкції внаслідок сонячної

										Арк.
										39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>601НТ -11393312.3П</b>					

радіації, Вт;

$Q_{\text{інф}}$  - надходження тепла через огорожувальні конструкції внаслідок інфільтрації, Вт.

Надходження тепла через огорожувальні конструкції внаслідок теплопередачі, Вт:

$$\Sigma Q_{o, \Delta t} = Q_{o, \text{зн}} + Q_{o, \text{в}} + Q_{o, \text{п}} + Q_{\text{св. пр}}, \quad (2.12)$$

$Q_{o, \text{зн}}$  - надходження тепла через зовнішні огорожі, Вт;

$Q_{o, \text{в}}$  - надходження тепла через внутрішні огорожі, Вт;

$Q_{o, \text{п}}$  - надходження тепла через перекриття, Вт;

$Q_{\text{св. пр}}$  - надходження тепла через світлові проєми, Вт.

$$Q_{o, \text{зн}} = k_{\text{зн}} \cdot F_{\text{зн}} \cdot (t_{\text{зн}} - t_{\text{в}}), \quad (2.13)$$

$k_{\text{зн}}$  - коефіцієнт теплопередачі зовнішньої огорожі,  $\left[ \frac{Вт}{м^2 \cdot К} \right]$ ;

$F_{\text{зн}}$  - площа теплопередаючої поверхні зовнішніх стін,  $м^2$ ;

$t_{\text{зн}}$  - розрахункова температура зовнішнього повітря,  $^{\circ}С$ ;

$t_{\text{в}}$  - розрахункова температура повітря у приміщенні,  $^{\circ}С$ .

$$Q_{o, \text{в}} = k_{\text{в}} \cdot F_{\text{в}} \cdot (t_{\text{см}} - t_{\text{в}}), \quad (2.14)$$

$k_{\text{в}}$  - коефіцієнт теплопередачі внутрішніх огорожувальних конструкцій,  $\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$ ;

$F_{\text{в}}$  - площа теплопередавальної поверхні внутрішніх огорожувальних конструкцій,  $м^2$ ;

$t_{\text{см}}$  - розрахункова температура повітря у суміжному приміщенні,  $^{\circ}С$ ;

$t_{\text{в}}$  - розрахункова температура повітря у приміщенні,  $^{\circ}С$ .

$$Q_{o, \text{п}} = k_{\text{п}} \cdot F_{\text{п}} \cdot (t_{\text{см}} - t_{\text{в}}), \quad (2.15)$$

$k_{\text{п}}$  - коефіцієнт теплопередачі перекриття,  $\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$ ;

$F_{\text{п}}$  - площа теплопередавальної поверхні перекриття,  $м^2$ ;

$t_{\text{в}}$  - розрахункова температура повітря у приміщенні для теплого періоду,  $^{\circ}С$ ;

									Арк.
									40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601НТ -11393312.3П				



$$Q_{\text{св. пр. с. р}} = q_{\text{св. пр}} \cdot F_{\text{св. пр}}, \quad (2.19)$$

$F_{\text{св. пр}}$  - площа поверхні світлових прорізів,  $\text{м}^2$ ;

$q_{\text{св. пр}}$  – кількість тепла, що надходить через світлові отвори, опромінені сонячною радіацією  $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$ , дорівнює;

$$q_{\text{св. пр}} = (q_{\text{п.р}} + q_{\text{р.р}}) \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (2.20)$$

$q_{\text{п.р}}$  – кількість тепла, що надходить від прямої сон. радіації,  $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$ ;

$q_{\text{р.р}}$  – кількість тепла, що надходить від розсіяної сон. радіації,  $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$ ;

$K_1$  – коефіцієнт, що враховує затінення скління обкладинками ( $K_1=0,6 \div 1$ );

$K_2$  – коефіцієнт, що враховує забруднення скління ( $K_2=0,75 \div 1$ ).

Примітка:

$q_{\text{п.р}} = 128 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$ , для вертикального скління, орієнтованого на південь;

$q_{\text{р.р}} = 85 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$ , для вертикального скління, орієнтованого на південь;

$q_{\text{п.р}} = 0$ , для вертикального скління, орієнтованого північ;

$q_{\text{р.р}} = 61 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$ , для вертикального скління, орієнтованого північ;

$K_1 = 0,8$ ;

$K_2 = 0,8$ , тоді для вертикального скління, орієнтованого на південь:

$$q_{\text{св. пр}} = (128 + 85) \cdot 0,8 \cdot 0,8 = 136,32 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2};$$

для вертикального скління, орієнтованого на північ:

$$q_{\text{св. пр}} = (0 + 61) \cdot 0,8 \cdot 0,8 = 39,04 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2};$$

Надходження теплоти через конструкції внаслідок інфільтрації, Вт:

$$\Sigma Q_{\text{інф}} = Q_{\text{інф. в}} + Q_{\text{інф. дв}}, \quad (2.21)$$

$Q_{\text{інф. в}}$  – Надходження теплоти через вікна внаслідок інфільтрації;

$Q_{\text{інф. дв}}$  – Надходження теплоти через двері внаслідок інфільтрації; Примітка:

Надходження теплоти через дверний отвір у зовнішній огорожі не рахуємо,

					<b>601НТ -11393312.3П</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

тому що передбачено баланс приміщень повітрям. Так як у приміщеннях офісу передбачені склопакети, що мають високу герметичність, то інфільтрація через віконні отвори не рахуємо.

Надходження теплоти від людей, Вт:

$$Q_{л} = q_{л} \cdot n_{чол}, \quad (2.22)$$

$q_{л}$  - кількість повного тепла, що виділяється однією людиною, Вт;

$n_{чол}$  - кількість осіб, які одночасно перебувають у приміщенні.

Примітка: для працівника офісу приймаємо: теплий період  $q_{л.т} = 100$  Вт, холодний період  $q_{л.х} = 120$  Вт.

Надходження теплоти від штучного освітлення, Вт:

$$Q_{осв} = q_{осв} \cdot F_{пр}, \quad (2.23)$$

$F_{пр}$  – площа приміщення,  $m^2$ ;

$q_{осв}$  – питома виділення тепла на одиницю площі приміщення,  $\frac{Вт}{m^2}$ .

Надходження теплоти від оргтехніки, Вт:

$$Q_{орг} = \Sigma N_{орг}, \quad (2.24)$$

$\Sigma N_{орг}$  – загальна потужність усіх видів оргтехніки, Вт.

Надходження теплоти в теплий період року:

Приміщення №.19а

Надходження тепла через огороджувальні конструкції внаслідок теплопередачі, Вт:

$$\Sigma Q_{о. \Delta t} = Q_{о. н}, \text{ Вт}$$

$$Q_{о. н} = k_{н} \cdot F_{н} \cdot (t_{н.т} - t_{в.т}) = 0,33 \cdot 14,7 \cdot (26,3 - 23) = 16 \text{ Вт};$$

$$F_{н} = l_{стены} \cdot h_{стены} - (l_{двери} \cdot h_{двери}) = 4,92 \cdot 3,8 - (1,6 \cdot 2,5) = 18,7 - 4 = 14,7 \text{ м}^2;$$

$$k_{н} = 0,33 \frac{Вт}{m^2 \cdot K},$$

Надходження тепла через огороджувальні конструкції внаслідок сонячної радіації:

					<b>601HT -11393312.3П</b>	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## 2.7 Розрахунок холодопродуктивності, побудова процесу охолодження повітря в i-d діаграмі

Основне завдання розрахунку охолодження зводиться до визначення холодопродуктивності кондиціонера та його потужності, необхідної для забезпечення заданої температури кондиціонованого приміщення, та знаходження вміст вологи у повітрі.

i-d діаграму широко використовують для розрахунку процесів кондиціонування повітря.

Побудова точок, що характеризують стан повітря, та процесів зміни стану повітря представлено в i-d діаграмі параметри стану повітря в кожній точці - в таблиці.

Нанести точку В ( $t_{\text{в}} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\phi_{\text{в}} = 60 \%$ ) та точку Н ( $t_{\text{н}} = 28,8 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $i_{\text{н}} = 61,6 \text{ кДж/кг}$ ).

Через точку провести промінь процесу зміни стану повітря в приміщенні. Прийняти температуру повітря припливу як  $t_{\text{пр}} = 19 \text{ }^\circ\text{C}$ . Нанести точку П на лінію процесу зміни стану повітря в приміщенні та визначити ентальпію приточного повітря  $i_{\text{п}} = 45,6 \text{ кДж/кг}$ .

					601НТ -11393312.3П	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

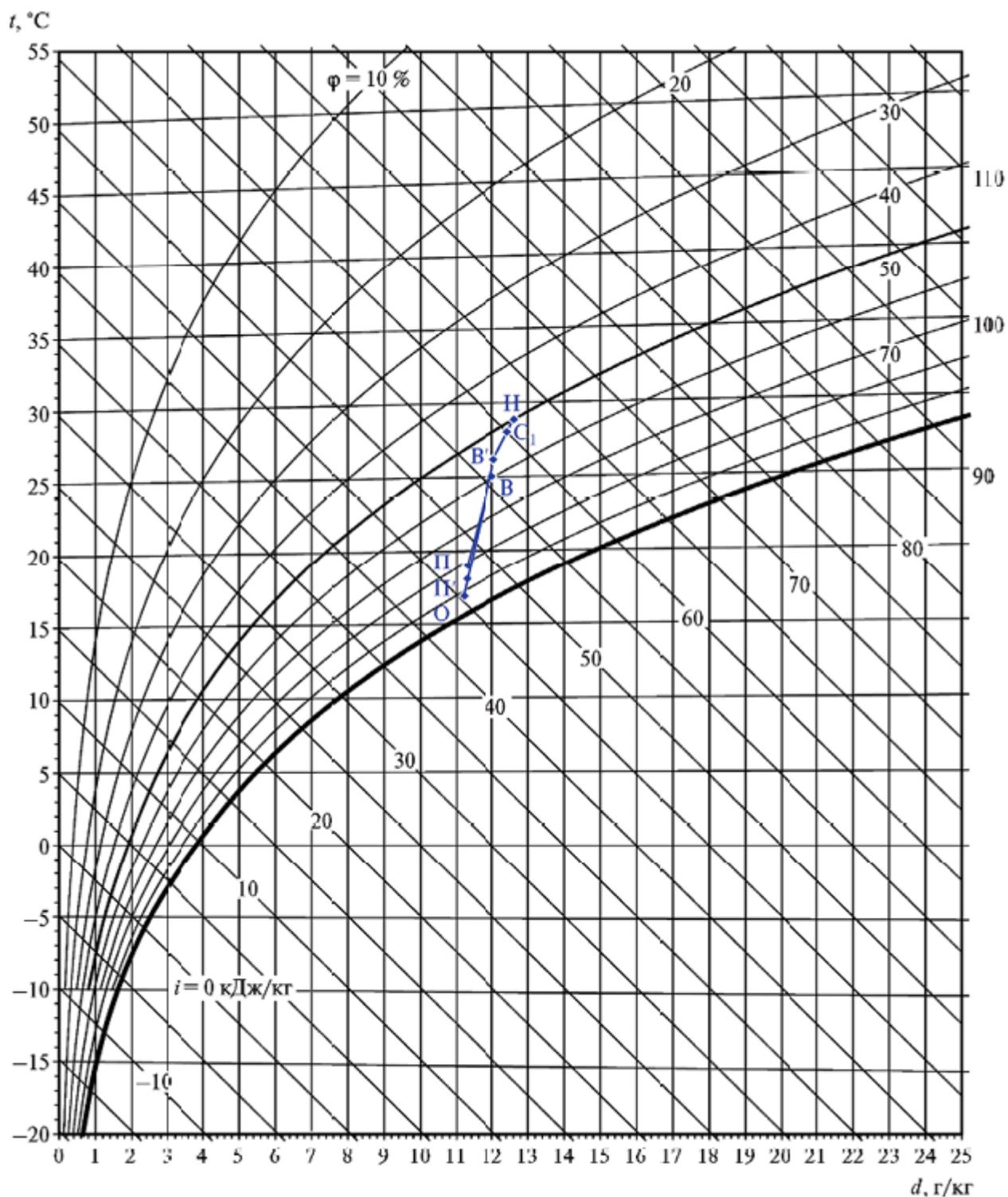


Рис.9 Результати побудови на  $i$ - $d$  діаграмі процесів зміни стану повітря із двома рециркуляціями для теплого періоду року

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

601НТ -11393312.3П

Арк.

46

Таблиця 8 Параметри точок процесу процесів зміни стану повітря

Параметри повітря	Одиниця виміру	Н	В	П	П'(С2)	О	С1	В'
Температура $t$	°С	28,8	25,0	19,0	18,0	17,0	28,0	26,0
Відносна вологість $\phi$	%	51	60	82	87	92	52	57
Вологовміст $d$	г/кг	12,7	12,1	11,4	11,4	11,3	12,5	12,1
Ентальпія $i$	кДж/кг	61,6	56,0	48,1	47,1	45,8	60,2	57,1

Якщо з'єднати точки Н і В' і на перетині з лінією постійного вмісту вологи  $ds_1 = 12,5$  г/кг, вийде точка С1, яка характеризує стан суміші зовнішнього повітря і повітря першої рециркуляції. 7. З'єднати точку С1 з точкою О — це і буде процес охолодження повітря в охолоджувачі повітря. Перевірити можливість реалізації процесу охолодження повітря, визначаючи граничну температуру в точці перетину лінії процесу охолодження з лінією насичення  $\phi = 100$  %,  $t_{пр} = 15,5$  °С, яка більша за  $t_f = 10$  °С. Кількість холоду на охолодження повітря, Вт:

$$Q_x = 0,278(20\,000 + 2766)(60,21 - 41,9) = 115\,186.$$

					<b>601НТ -11393312.3П</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

## РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ ТА ПІДБІР ОБЛАДНЯННЯ

### 3.1 Аеродинамічний розрахунок систем вентиляції

Розрахунковою схемою вентиляції є її аксонометрія. Система вентиляції є системою гілок. Кожна гілка починається від жалюзійних ґрат і закінчується гирлом шахти. Таким чином, гілки мають різну довжину, найбільшу – для гілок, що починаються на першому поверсі, та найменшу – на останньому. Повітря в системі переміщається під дією природного тиску, що виникає внаслідок різниці щільностей холодного зовнішнього та теплого внутрішнього повітря.

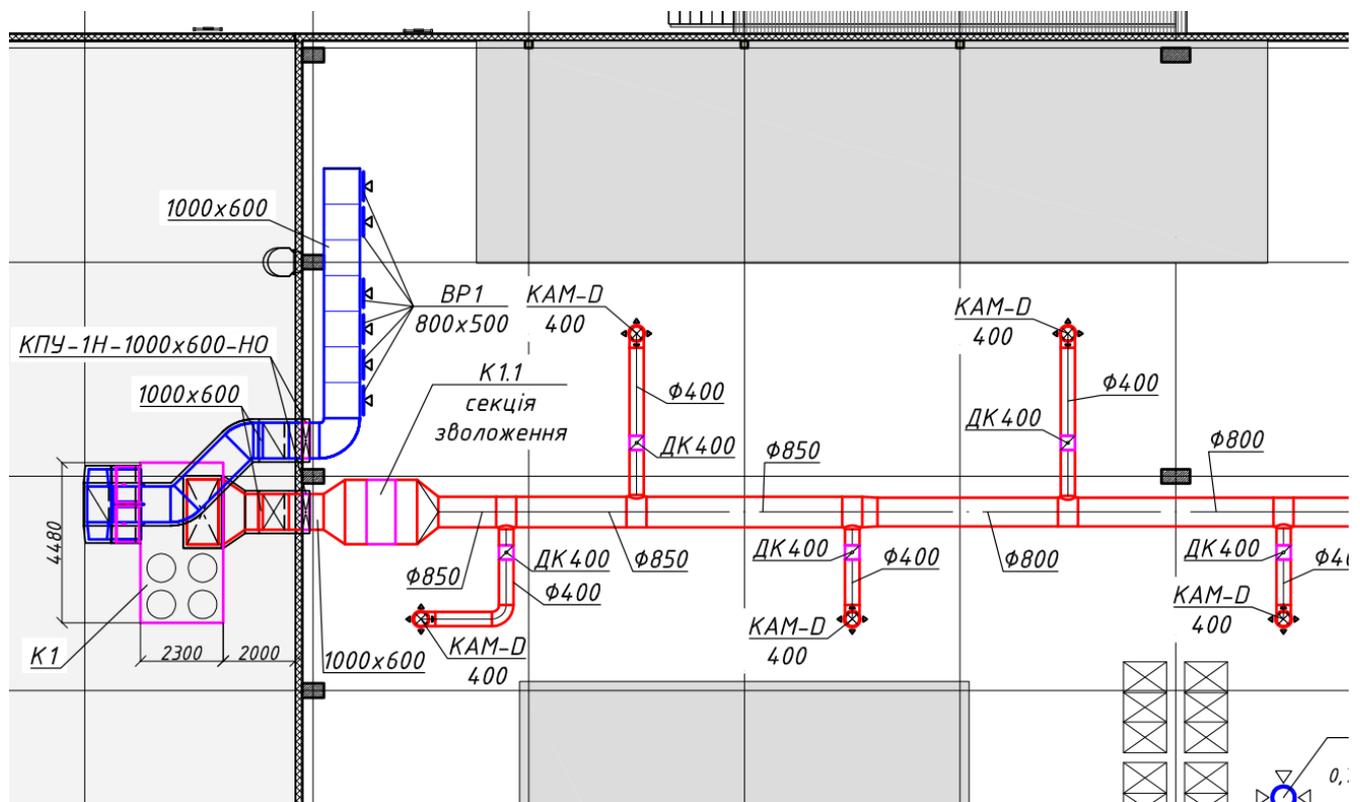


Рис.10 Фрагмент схеми вентиляції ПВ-1 для аеродинамічного розрахунку  
Природний тиск для кожної розрахункової гілки  $\Delta P$ , Па, визначають за формулою

$$\Delta P = h g (p_z - p_{вн}), \quad (3.1)$$

де  $h$  - різниця відміток гирла шахти та жалюзійних ґрат, м;  $p_z$  і  $p_{вн}$  - щільності відповідно до зовнішнього та внутрішнього повітря, кг/м<sup>3</sup>.

Щільності  $p_z$  і  $p_{вн}$  приймаються за розрахунковими температурами

зовнішнього  $t_3$  і внутрішнього повітря  $t_{вн}$  і можуть бути визначені за довідковими таблицями. Розрахункова температура зовнішнього повітря  $t_3$  дається нормами [2] рівною  $+5^\circ\text{C}$ . При нижчій температурі діючий тиск у вентиляції збільшується, а при більш високій температурі вентиляцію можна посилити відкриттям кватирок або стулок. З формули гравітаційного тиску очевидно, що по відношенню до вентиляції верхні поверхи знаходяться в менш сприятливих умовах, так як тиск тут менше.

Далі нумерують усі ділянки розрахункових гілок, межами ділянок є вузли зміни витрати повітря або зміни перерізу повітроводу. Для кожної ділянки на схемі вказують її довжину, витрату повітря і надалі - розміри перерізу каналу.

Завданням аеродинамічного розрахунку є підбір таких перерізів повітроводів, при яких сумарні втрати тиску в розрахунковій гілці а  $(Rl + Z)$  дорівнюють або менше діючого тиску

$$\sum (R l \beta + Z) \leq \Delta P \quad (3.2)$$

де  $R$  - питомі втрати тиску на тертя у металевих повітроводах, Па/м;  $l$  - Довжина ділянки повітроводу, м;  $\beta$  - коефіцієнт шорсткості стінок каналу;  $Z$  - втрати тиску у місцевих опорах. Рекомендується запас тиску у розмірі 10-15%. Аеродинамічний розрахунок виконують за таблицями або номограмами, складеними для круглих сталевих повітровод. Вони взаємопов'язані всі параметри аеродинамічного розрахунку: витрата повітря  $L$ , м<sup>3</sup>/ч; діаметр повітроводу  $d$ , мм; швидкість  $V$  м/с; питомі втрати тиску тертя  $R$ , Па/м; динамічний тиск

$$P_v = \rho V^2 / 2, \quad (3.3)$$

Для розрахунку прямокутних каналів їх розміри необхідно привести до еквівалентного діаметра круглого каналу

$$d_e = 2a b / (a + b), \quad (3.4)$$

де  $a$  і  $b$  - розміри перерізу каналу, мм.

Підвищена, порівняно зі сталевими, шорсткість каналів враховується

									Арк.
									49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601НТ - 11393312.3П				



6	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø500	614	0,87		6,3	0,15	0,1	1,8
7	Перехід-60°	Ø500/Ø560	614	0.87/0.69	0,44			0,2	2
8	Трійник	Ø560/Ø400	614/921	0.69/1.04	0,27			0,2	2,2
9	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø560	921	1,04		6	0,15	0,2	2,4
10	Перехід-60°	Ø560/Ø630	921	1.04/0.82	0,44			0,3	2,7
11	Трійник	Ø630/Ø400	921/1228	0.82/1.09	0,25			0,2	2,9
12	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø630	1228	1,09		6	0,15	0,2	3,1
13	Перехід-60°	Ø630/Ø710	1228	1.09/0.86	0,44			0,3	3,4
14	Трійник	Ø710/Ø400	1228/1535	0.86/1.08	0,24			0,2	3,6
15	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø710	1535	1,08		6	0,15	0,1	3,7
16	Трійник	Ø710/Ø400	1535/1842	1.08/1.29	0,23			0,2	3,9
17	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø710	1842	1,29		6	0,15	0,2	4,1
18	Перехід-60°	Ø710/Ø800	1842	1.29/1.02	0,44			0,4	4,5
19	Трійник	Ø800/Ø400	1842/2149	1.02/1.19	0,22			0,2	4,7
20	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø800	2149	1,19		6	0,15	0,1	4,8
21	Трійник	Ø800/Ø400	2149/2456	1.19/1.36	0,22			0,2	5
22	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø800	2456	1,36		6	0,15	0,2	5,2
23	Трійник	Ø800/Ø400	2456/2763	1.36/1.53	0,22			0,3	5,5
24	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø800	2763	1,53		6	0,15	0,2	5,7
25	Трійник	Ø800/Ø400	2763/3070	1.53/1.7	0,22			0,4	6,1
26	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø800	3070	1,7		6	0,15	0,3	6,4
27	Трійник	Ø800/Ø400	3070/3377	1.7/1.87	0,22			0,5	6,9
28	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø800	3377	1,87		6	0,15	0,3	7,2
29	Трійник	Ø800/Ø400	3377/3684	1.87/2.04	0,21			0,5	7,7
30	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø800	3684	2,04		6	0,15	0,3	8
31	Перехід-60°	Ø800/Ø850	3684	2.04/1.8	0,41			1	9
32	Трійник	Ø850/Ø400	3684/3991	1.8/1.95	0,21			0,5	9,5

					<b>601HT -11393312.3П</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

33	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø850	3991	1,95		6	0,15	0,3	9,8
34	Зволожувач	Ø850	3991	1,95	1,5			3,4	13,2
35	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø850	3991	1,95		0,8	0,15		13,2
36	Вентиляційна установка	Ø850	3991	1,95					13,2
37	Діфузор	Ø850	3991	1,95	3,5			8	<b>21,2</b>

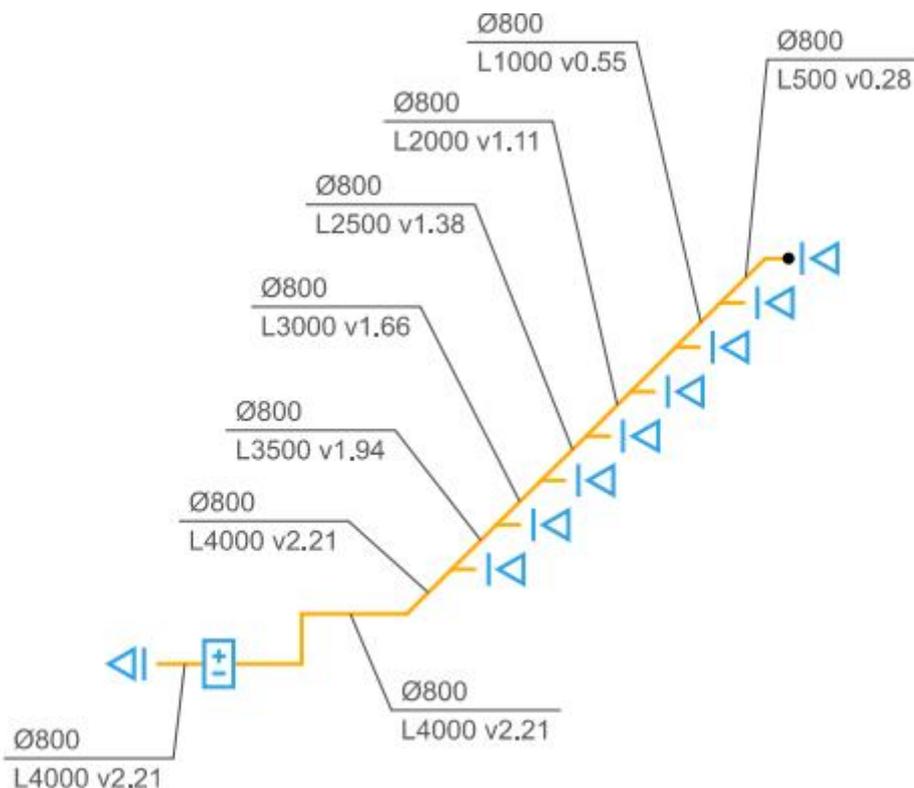


Рис.12 Фрагмент схеми вентиляції ПВ-1(витяжка) для аеродинамічного розрахунку

Таблиця 10 Аеродинамічний розрахунок системи ПВ-1 (витяжка)

№	Найменування	Розмір, мм	L, м <sup>3</sup> /год	v, м/с	ζ	l, м	k, мм	Re, Па	ΣP, Па
1	Решітка	Ø800	500	0,28	2			0,1	0,1
2	Відведення-90°	Ø800	500	0,28	0,42				0,1
3	Трійник	Ø800/Ø800	500/1000	0.28/0.55	0,33			0,1	0,2
4	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø800	1000	0,55		0,7	0,15		0,2
5	Трійник	Ø800/Ø800	1000/1500	0.55/0.83	0,27			0,1	0,3

6	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø800	1500	0,83		0,7	0,15		0,3
7	Трійник	Ø800/Ø800	1500/2000	0.83/1.11	0,25			0,2	0,5
8	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø800	2000	1,11		0,7	0,15		0,5
9	Трійник	Ø800/Ø800	2000/2500	1.11/1.38	0,24			0,3	0,8
10	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø800	2500	1,38		0,7	0,15		0,8
11	Трійник	Ø800/Ø800	2500/3000	1.38/1.66	0,23			0,4	1,2
12	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø800	3000	1,66		0,7	0,15		1,2
13	Трійник	Ø800/Ø800	3000/3500	1.66/1.94	0,23			0,5	1,7
14	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø800	3500	1,94		0,7	0,15		1,7
15	Трійник	Ø800/Ø800	3500/4000	1.94/2.21	0,22			0,6	2,3
16	Відведення-90°	Ø800	4000	2,21	0,42			1,2	3,5
17	Відведення-90°	Ø800	4000	2,21	0,42			1,2	4,7
18	Відведення-90°	Ø800	4000	2,21	0,42			1,2	5,9
19	Утилізатор	Ø800	4000	2,21	25			73,5	79,4
20	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø800	4000	2,21		0,5	0,15		79,4
21	Решітка	Ø800	4000	2,21	2			5,9	<b>85,3</b>

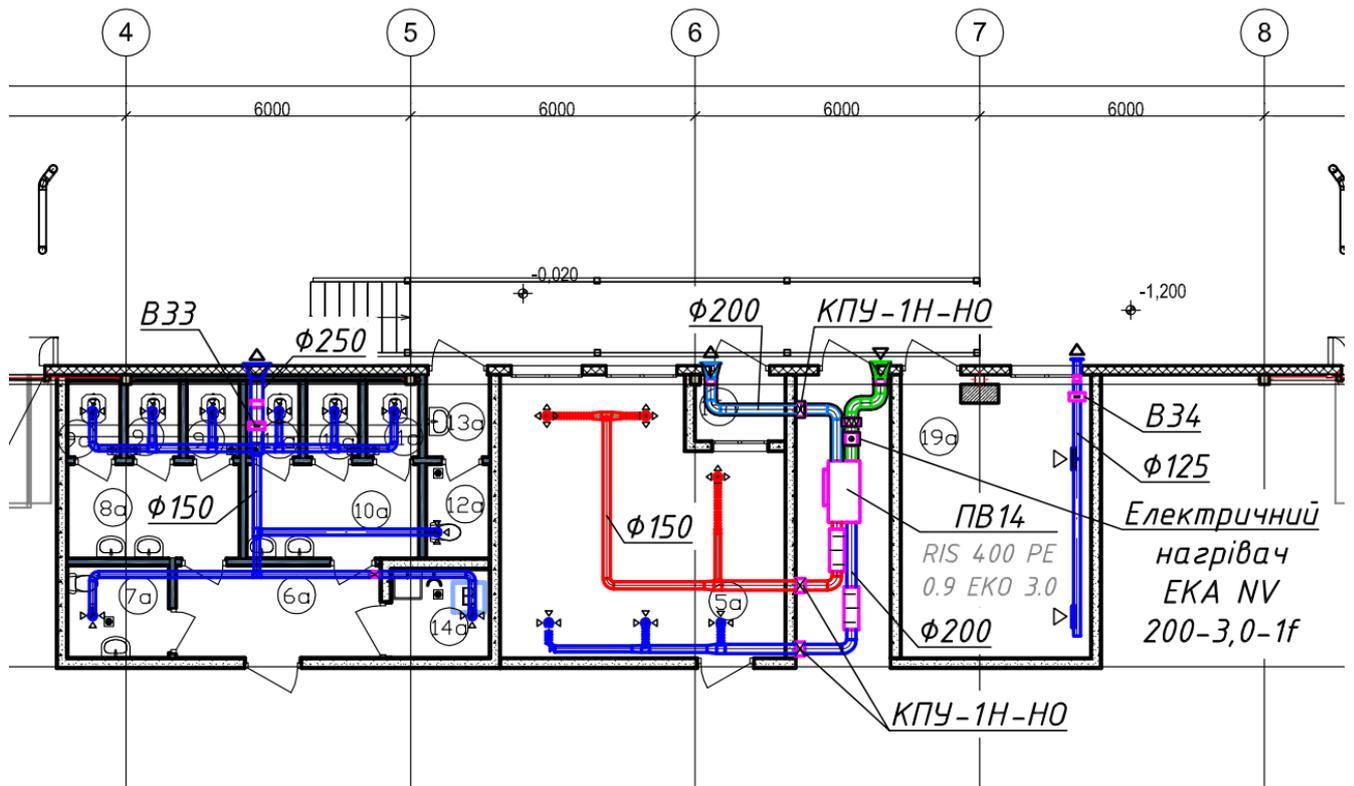


Рис.13 Фрагмент схеми вентиляції ПБ-14, В-33 та В-34 для аеродинамічного розрахунку

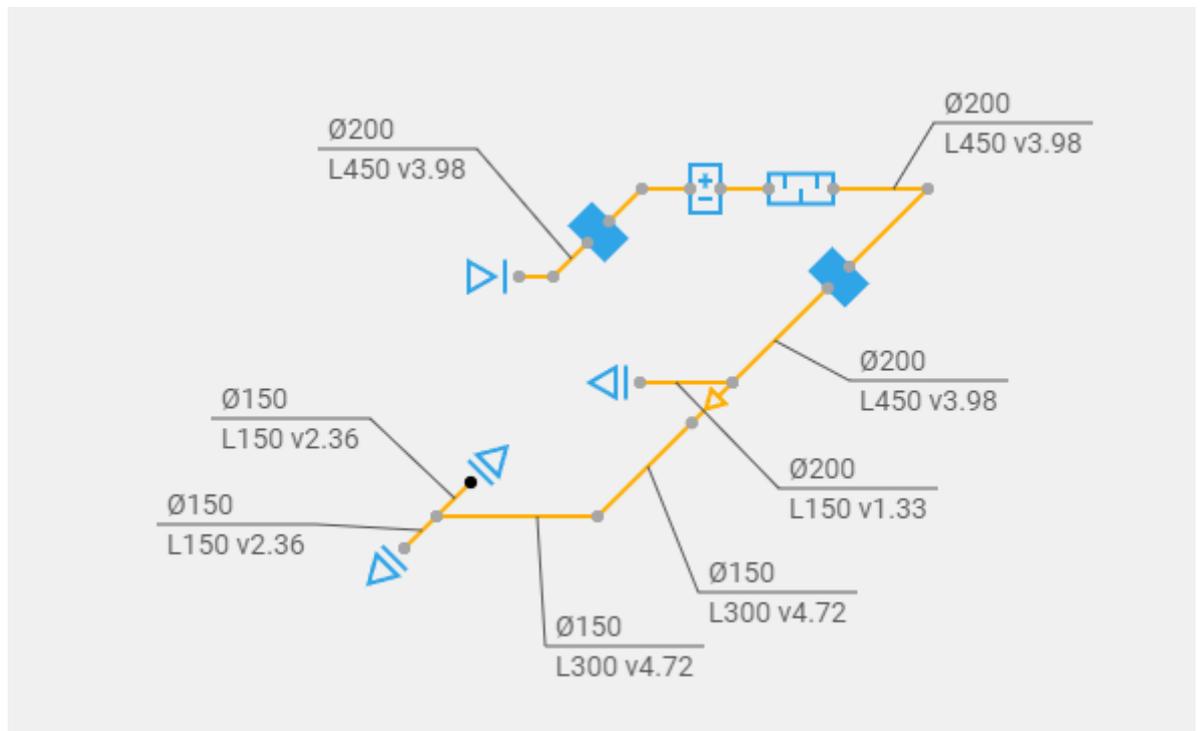


Рис.1 Фрагмент схеми вентиляції ПБ-14(приплив) для аеродинамічного розрахунку

									Арк.
									54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601НТ -11393312.3П				

Таблиця 11 Аеродинамічний розрахунок системи В-14 (приплив)

№	Найменування	Розмір, мм	L, м <sup>3</sup> /год	v, м/с	ζ	l, м	k, мм	Pe, Па	ΣP, Па
1	Решітка	Ø150	150	2,36	2			6,7	6,7
2	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø150	150	2,36		0,5	0,15	0,3	7
3	Трійник	Ø150/Ø150	150/300	2.36/4.72	1,2			16,1	23,1
4	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø150	300	4,72		1,55	0,15	3,3	26,4
5	Відведення-90°	Ø150	300	4,72	0,4			5,6	32
6	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø150	300	4,72		1,85	0,15	4	36
7	Перехід-60°	Ø150/Ø200	300	4.72/2.65	0,1			0,7	36,7
8	Трійник	Ø200/Ø200	300/450	2.65/3.98	0,1			0,7	37,4
9	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø200	450	3,98		1,5	0,15	1,7	39,1
#	Вогнезатримуючий клапан	Ø200	450	3,98	1,5			14,3	53,4
#	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø200	450	3,98		1	0,15	1,1	54,5
#	Відведення-90°	Ø200	450	3,98	0,4			4	58,5
#	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø200	450	3,98		0,8	0,15	0,9	59,4
#	Шумоглушник	Ø200	450	3,98	2,1			20	79,4
#	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø200	450	3,98		0,5	0,15	0,6	80
#	Утилізатор	Ø200	450	3,98	25			238	318
#	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø200	450	3,98		0,3	0,15	0,3	319
#	Відведення-90°	Ø200	450	3,98	0,4			4	323
#	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø200	450	3,98		0,3	0,15	0,3	323
#	Вогнезатримуючий клапан	Ø200	450	3,98	1,5			14,3	337
#	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø200	450	3,98		0,3	0,15	0,3	338
#	Відведення-90°	Ø200	450	3,98	0,4			4	342
#	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø200	450	3,98		0,2	0,15	0,2	342
#	Решітка	Ø200	450	3,98	2			19,1	<b>361</b>

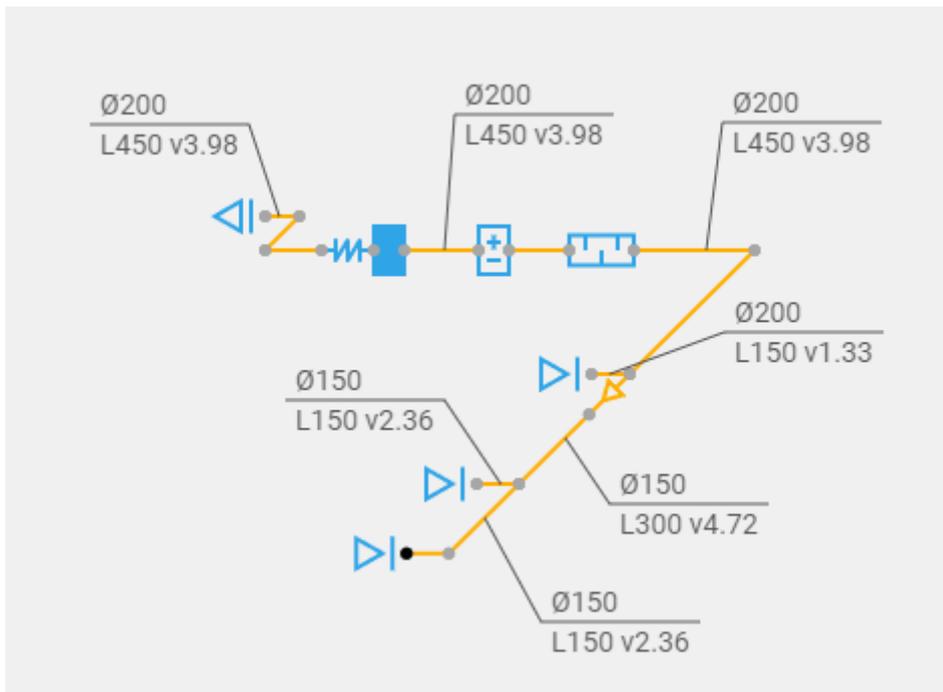


Рис.14 Фрагмент схеми вентиляції ПВ-14(витяжка) для аеродинамічного розрахунку

Таблиця 12 Аеродинамічний розрахунок системи В-14 (витяжка)

№	Найменування	Розмір, мм	L, м³/Год	v, м/с	ζ	l, м	k, мм	Re, Па	ΣP, Па
1	Решітка	Ø150	150	2,36	2			6,7	6,7
2	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø150	150	2,36		0,25	0,15	0,2	6,9
3	Відведення-90°	Ø150	150	2,36	0,42			1,4	8,3
4	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø150	150	2,36		0,85	0,15	0,5	8,8
5	Трійник	Ø150/Ø150	150/300	2.36/4.72	0,34			4,6	13,4
6	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø150	300	4,72		1	0,15	2,2	15,6
7	Перехід-60°	Ø150/Ø200	300	4.72/2.65	0,52			7	22,6
8	Трійник	Ø200/Ø200	300/450	2.65/3.98	0,27			2,6	25,2
9	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø200	450	3,98		1,6	0,15	1,8	27
10	Відведення-90°	Ø200	450	3,98	0,42			4	31
11	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø200	450	3,98		1,1	0,15	1,2	32,2
12	Шумоглушник	Ø200	450	3,98	2,1			20	52,2
13	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø200	450	3,98		0,6	0,15	0,7	52,9
14	Утилізатор	Ø200	450	3,98	25			238,4	291,3

15	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø200	450	3,98		0,8	0,15	0,9	292,2
16	Вогнезатримуючий клапан	Ø200	450	3,98	1,5			14,3	306,5
17	Гнучка вставка	Ø200	450	3,98					306,5
18	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø200	450	3,98		0,4	0,15	0,4	306,9
19	Відведення-90°	Ø200	450	3,98	0,42			4	310,9
20	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø200	450	3,98		0,1	0,15	0,1	311
21	Відведення-90°	Ø200	450	3,98	0,42			4	315
22	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø200	450	3,98		0,2	0,15	0,2	315,2
23	Решітка	Ø200	450	3,98	2			19,1	<b>334,3</b>

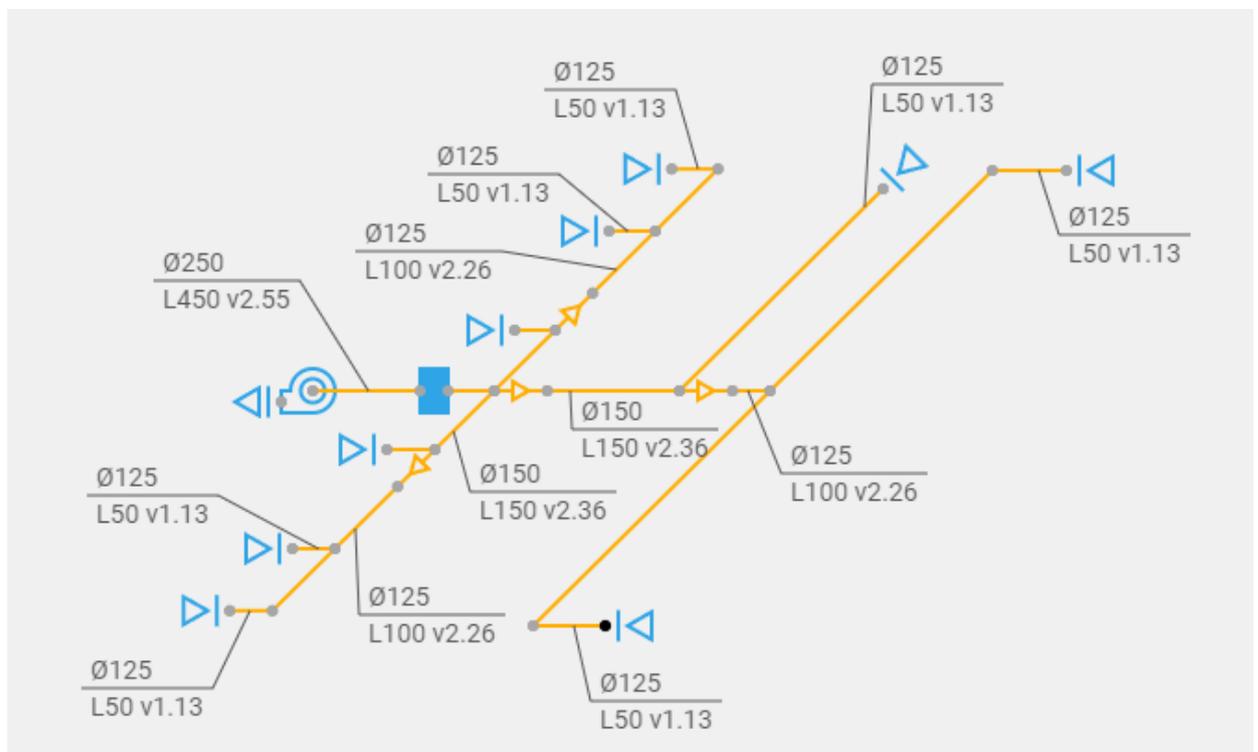


Рис.15 Фрагмент схеми вентиляції ПВ-14(витяжка).

Таблиця 13 Аеродинамічний розрахунок системи В-33 (витяжка)

№	Найменування	Розмір, мм	L, м³/ГОД	v, м/с	ζ	l, м	k, мм	Re, Па	ΣP, Па
1	Решітка	Ø125	50	1,13	2			1,5	1,5
2	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø125	50	1,13		0,68	0,15	0,1	1,6
3	Відведення-90°	Ø125	50	1,13	0,42			0,3	1,9
4	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø125	50	1,13		3,68	0,15	0,8	2,7

5	Трійник	Ø125/Ø125	50/100	1.13/2.26	0,88			2,7	5,4
6	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø125	100	2,26		1	0,15	0,7	6,1
7	Перехід-60°	Ø125/Ø150	100	2.26/1.57	0,47			1,4	7,5
8	Трійник	Ø150/Ø125	100/150	1.57/2.36	0,27			0,9	8,4
9	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø150	150	2,36		1,5	0,15	0,9	9,3
10	Перехід-60°	Ø150/Ø250	150	2.36/0.85	0,61			2	11,3
11	Хрестовина	Ø250/Ø150	150/450	0.85/2.55	0,46			1,8	13,1
12	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø250	450	2,55		0,5	0,15	0,2	13,3
13	Вогнезатримуючий клапан	Ø250	450	2,55	1,5			5,9	19,2
14	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø250	450	2,55		1,2	0,15	0,4	19,6
15	Вентилятор радіальний	Ø250/Ø125	450	2.55/10.19					19,6
16	Решітка	Ø125	450	10,19	2			125	<b>145</b>

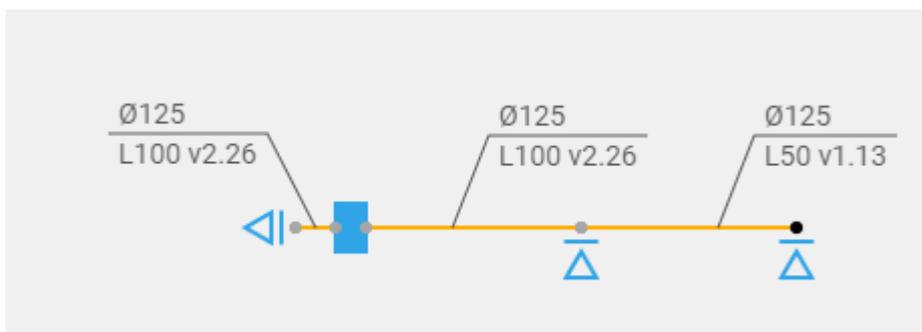


Рис.16 Фрагмент схеми вентиляції ПВ-34(витяжка) для аеродинамічного розрахунку

Таблиця 14 Аеродинамічний розрахунок системи В-34 (витяжка)

№	Найменування	Розмір, мм	L, м <sup>3</sup> /год	v, м/с	ζ	l, м	k, мм	Re, Па	ΣР, Па
1	Решітка	Ø125	50	1,13	2			1,5	1,5
2	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø125	50	1,13		2,2	0,15	0,5	2
3	Трійник	Ø125/Ø125	50/100	1.13/2.26	0,3			1	3
4	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø125	100	2,26		2,2	0,15	1,6	4,6
5	Вогнезатримуючий клапан	Ø125	100	2,26	1,5			4,6	9,2
6	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø125	100	2,26		0,4	0,15	0,3	9,5
7	Решітка	Ø125	100	2,26	2			6,2	<b>16</b>

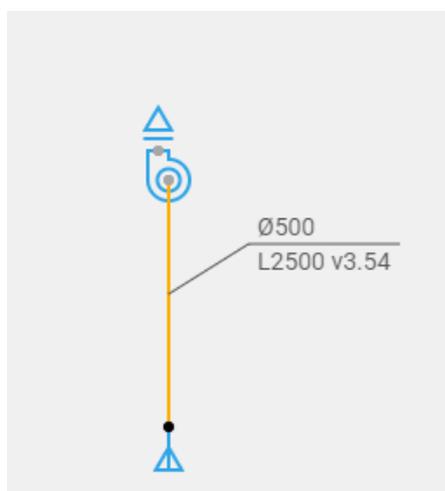


Рис.17 Фрагмент схеми вентиляції В-36\В-46 (витяжка) для аеродинамічного розрахунку

Таблиця 15 Аеродинамічний розрахунок системи В-36\В-46 (витяжка)

№	Найменування	Розмір, мм	L, м <sup>3</sup> /год	v, м/с	ζ	l, м	k, мм	Re, Па	ΣР, Па
1	Діфузор	Ø500	2500	3,54	3,5			26,4	26,4
2	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø500	2500	3,54		3	0,15	0,8	27,2
3	Вентилятор радіальний	Ø500	2500	3,54					27,2
4	Решітка	Ø500	2500	3,54	2			15,1	<b>42,3</b>

Примітка:

L – витрата повітря, м<sup>3</sup>/год

v – швидкість повітря, м/с

ζ – коефіцієнт місцевого опору

l – довжина повітроводу, м

k – коефіцієнт абсолютної еквівалентної шорсткості матеріалу, мм

Pe – втрати тиску на елементі, Па

ΣP – загальний тиск, Па

### 3.2 Розрахунок та підбір фільтрів

У припливних установках першими по ходу повітря встановлюються повітряні фільтри, що дозволяє захистити поверхню наступних технологічних блоків від забруднення пилом, а також не допустити попадання пилу в приміщення, що обслуговуються. Фільтри встановлюються для запобігання забрудненню поверхні кондиціонованих апаратів, які розташовані після блоків фільтрів, та внутрішніх поверхонь приміщення. Для отримання необхідного класу чистоти припливне повітря має проходити багатоступінчасте очищення. Залежно від необхідного класу чистоти влаштовується послідовне проходження припливного повітря через фільтри різної ефективності очищення. Робота повітряних фільтрів характеризується такими показниками: ефективністю очищення, пилоємністю, повітряним питомим навантаженням. Для оцінки ефективності роботи фільтра обчислюють час його роботи. Об'єкт кондиціонування розташований у районі з дуже забрудненою атмосферою.

$$C_{\text{вх}}=3 \text{ мг/м}^3 .$$

Рекомендована концентрація пилу в повітрі після інфільтрації має бути не більшою 0,1 мг/м<sup>3</sup> .

$$C_{\text{вих}}= C_{\text{вх}} - (A_{\text{м}} \cdot C_{\text{вх}})/100, \quad (3.6)$$

де  $A_{\text{м}}$  – ефект очищення повітря у фільтрах, % залежить від класу очищення.

					601НТ -11393312.3П	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

Як перший ступінь фільтрації застосовуємо коміркові фільтри. Клас очищення G4.

$$A_M = 90 \%$$

$$C_{\text{вих}} = 3 - (90 \cdot 3)/100 = 0,3 \text{ мг/м}^3.$$

Як другий щабель фільтрації приймаємо фільтруючий блок кишенькових фільтрів. Приймаємо клас очищення F7.

$$A_M = 80 \%$$

$$C_{\text{вих}} = 0,3 - (80 \cdot 0,3)/100 = 0,06 \text{ мг/м}^3.$$

**Час експлуатації фільтрів:**

$$\tau_{\text{ф}} = \text{ПФ} \cdot 1000 \cdot F_{\text{ф}} / ((C_{\text{вх}} - C_{\text{вих}}) \cdot V), \quad (3.7)$$

ПФ – пиломісткість фільтра, г/м<sup>2</sup> ;

F<sub>ф</sub> – фронтальна поверхня фільтруючого матеріалу, м<sup>2</sup>;

V – пропускна здатність фільтра, м<sup>3</sup>/ч.

Фільтри підбираємо за програмою SystemairCAD фірми "Systemair".

**Для коміркових фільтрів:**  $\tau_{\text{ф}} = 5000 \cdot 1000 \cdot 1,2 / ((3 - 0,3) \cdot 1860) = 1195 \text{ ч.}$

$\tau_{\text{дн}} = 1195 / 24 = 50 \text{ днів безперервної роботи.}$

**Для кишенькових фільтрів:**  $\tau_{\text{ф}} = 400 \cdot 1000 \cdot 6,8 / ((0,3 - 0,06) \cdot 1860) = 6093 \text{ ч.}$

$\tau_{\text{дн}} = 6093 / 24 = 254 \text{ днів безперервної роботи.}$

### 3.3 Підбір дахового кондиціонеру

Застосування дахових кондиціонерів (руфтопів) є альтернативою застосуванню систем кондиціонування. Вигода досягається за рахунок застосування моноблочної конструкції руфтопу, що є автономним пристроєм, що дозволяє використання одночасно кількох функцій комплексного застосування повітря, що надходить. В обробку повітря входить його нагрівання, охолодження, фільтрація.

									Арк.
									61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601HT-11393312.3П				





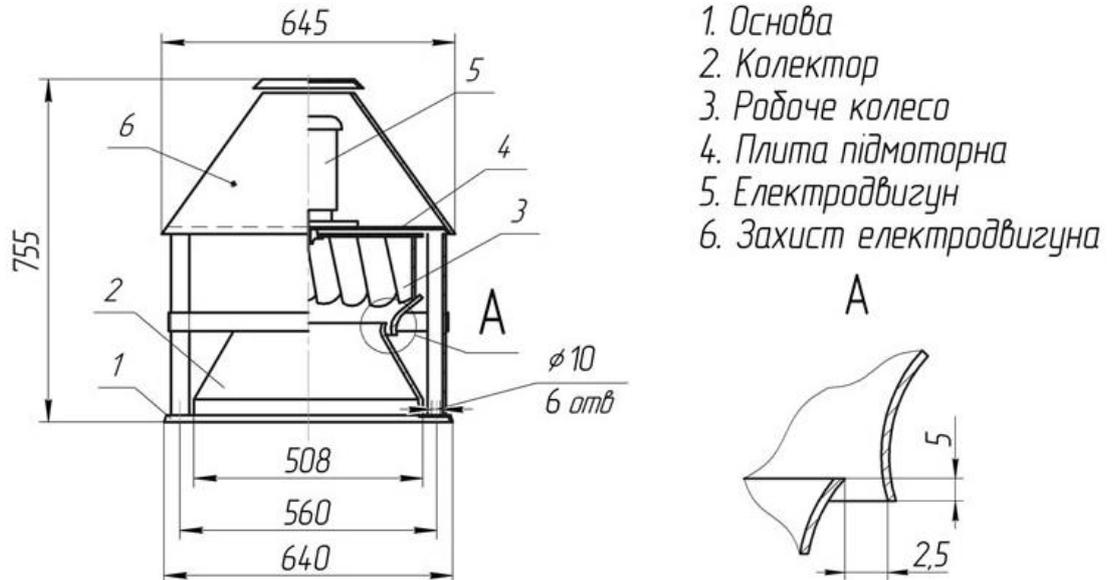
Таблиця 16 Технічні характеристики дахового кондиціонера « АМС »

<b>МС-R</b>	<b>G- ГАЗОВИЙ Е- ЕЛЕКТРИЧНИЙ W- ВОДЯНИЙ</b>	<b>Н - ТЕПЛОВИЙ НАСОС</b>	<b>20-100</b>		
<b>Холодильний агент R410A, два контури</b>					
<b>Фільтр панельний G4, камера змішування</b>					
Втрата тиску <b>130</b> Па					
Клапан (здвоєний - змішування зовнішн./рециркуляційний)			Повітрозабірник		
<b>Внутрішній теплообмінник, Випарник (ЛІТО) / Конденсатор (ЗИМА), ПРИПЛИВНЕ ПОВІТРЯ</b>					
Тип Al/Cu		Рядів-4 шт., крок оребр.-1,58 мм			
З'єднання (вх./вих.)		2x1.1/8"/2x1.3/8" (rev. 7/8")			
<b>ПАРАМЕТРИ</b>	<b>РЕЖИМИ</b>	<b>ЛІТО</b>	<b>ЗИМА</b>		
			<b>Режим (-5)</b>	<b>Режим (-10)</b>	<b>Режим (-15)</b>
Температура повітря на вході	°C	<b>27,0</b>	<b>20,0</b>	<b>20,0</b>	<b>20,0</b>
Відносна вологість на вході	%	<b>47,0</b>	<b>54,0</b>	<b>54,0</b>	<b>54,0</b>
Температура повітря на виході	°C	14,5	31,5	30,1	29,3
Відносна вологість на виході	%	94,8	27,0	30,0	31,0
Продуктивність (повна)	кВт	<b>111,0</b>	<b>88,4</b>	<b>77,4</b>	<b>71,8</b>
Темп. кипіння (ЛІТО)/конд. (ЗИМА)	°C	7,8	39,5	37,1	38,8
Втрата тиску по повітрю	<b>142</b> Па	Піддон з нержавіючої сталі			
Швидкість повітря	2,84 м/с	Каплевловлювач			
<b>Зовнішній теплообмінник, Конденсатор (ЛІТО) / Випарник (ЗИМА)</b>					
Тип Al/Cu		Рядів-3 шт., крок оребр.-1,95 мм			
З'єднання (вх./вих.)		<b>1.3/8" / 1.1/8" (rev. 7/8")</b>			
Температура повітря на вході	°C	<b>35,0</b>	<b>-5,0</b>	<b>-10,0</b>	<b>-15,0</b>
Відносна вологість на вході	%	<b>40,0</b>	<b>80,0</b>	<b>90,0</b>	<b>90,0</b>
Темп. конд. (ЛІТО)/кипіння (ЗИМА)	°C	54,0	-12,4	-17,0	-20,4
<b>Вентилятор осьовий</b>	<b>HRT/6-630/35 BQ (д) - 4 шт.</b>				
Витрата повітря	4x9750 м³/год		1 Споживана потужність		0,66x4 = 2,64 кВт
<b>Компресор Copeland (характеристики наведені для одного компресора)</b>					
<b>ZP 122 KCE-TFD-455 - 4 шт.</b>					
Номинал. напруга живлення	<b>3~ 380-420В- 50 Hz</b>				
Температура кипіння	°C	7,8	-12,4	-17,0	-20,4
Температура конденсації	°C	54,0	39,5	37,1	38,8
Холодопродуктивність	кВт	<b>111,0 (27,75 x 4)</b>	<b>64,2 (16,05 x 4)</b>	<b>54,8 (13,7 x 4)</b>	<b>47,4 (11,85 x 4)</b>
Споживана потужність	кВт	<b>36,3 (9,07 x 4)</b>	<b>26,2 (6,56 x 4)</b>	<b>24,8 (6,2 x 4)</b>	<b>25,7 (6,42 x 4)</b>
Споживаний струм	А	<b>67,6 (16,9 x 4)</b>	<b>56,2 (14,04 x 4)</b>	<b>54,8 (13,69 x 4)</b>	<b>55,7 (13,92 x 4)</b>
<b>[G] Газовий нагрів</b>					
Теплообмінник AISI 409	<b>HEM SLx 100/12/T1/409/M</b>		Втрата тиску по повітрю		<b>85</b> Па
З'єднання (вхід газу)	3/4"		Тип газу		G20
Темп. повітря на вході	5,0°C		Витрата газу		11,60 м³/год
Темп. повітря на виході	13,4°C		Ефективність		92%
Керування продуктивністю	модульоване		Спожив. потужн.		0,07 кВт
Продуктивність на вих. (макс)	<b>100,5</b> кВт		Номинал. напруга живлення		1~230В 50Гц
Продуктивність на вих. (мін)	35,4кВт				
<b>[E] Електричний нагрів</b>					
Встановлена потужність <b>90,0</b> (ТЕН 322-A10/3,0 Т380 x 30шт.) кВт Втрати тиску по повітрю <b>80</b> Па					
<b>[W] Водяний нагрів</b>					
Тип Al/Cu	Рядів-2 шт., крок оребр.-2,3 мм		Температура води на вході		80,0°C
З'єднання (вх./вих.)	1 1/2"		Температура води на виході		60,0°C
Темп. повітря на вході	0,0°C		Витрата води		8,82 м³/год
Темп. повітря на виході	26,5°C		Втрата тиску зі сторони води		12,0 кПа
Продуктивність	<b>201,0</b> кВт		Швидкість повітря		4,1 м/с
Втрата тиску по повітрю	<b>70</b> Па		Внутрішній об'єм теплообмін.		11,7 дм³
<b>Вентилятор ПРИПЛИВНИЙ/ прямиий привід EC</b>					
<b>Витрата повітря [м³/год]</b>		<b>Зовнішній тиск [Па]</b>			
<b>22500 (2 x 11250)</b>		<b>255</b>	<b>400</b>	<b>600</b>	<b>830</b>
Тип вентилятора	а рти кул	<b>116160</b>	<b>116750</b>	<b>116750</b>	<b>116750</b>
	модель	<b>RH56C-ZID.GG.CR</b>	<b>RH56C-ZID.GQ.CR</b>	<b>RH56C-ZID.GQ.CR</b>	<b>RH56C-ZID.GQ.CR</b>
Номинальна напруга живлення 3~ 380-480V 50Hz					
Номинал. потужн. двиг.	кВт	2 x 3,4	2 x 6,0	2 x 6,0	2 x 6,0
Номинальна швидкість	об/хв	1550	1860	1860	1860
Спижувана потужність	кВт	6,38	7,59	9,41	11,58
Робоча швидкість	об/хв	1536	1610	1724	1849
Швидкість	%	99	87	93	99
					Арк.
					64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

601HT-11393312.3П

### 3.4 Підбір дахових вентиляторів

В якості дахового вентилятора в даному проекті було прийнято модель ВДР-5



*Габаритно-установчі розміри вентилятора ВДР-5*

Рис.20 Загальний вид дахового вентилятора ВДР-5 (ВКР-5)

**Даховий вентилятор ВКР №5 (діаметр робочого колеса – 500 мм) з двигуном АИР80МА6 потужністю 0,75 кВт на 1000 об./хв.**

Тиск – 265-250 Па

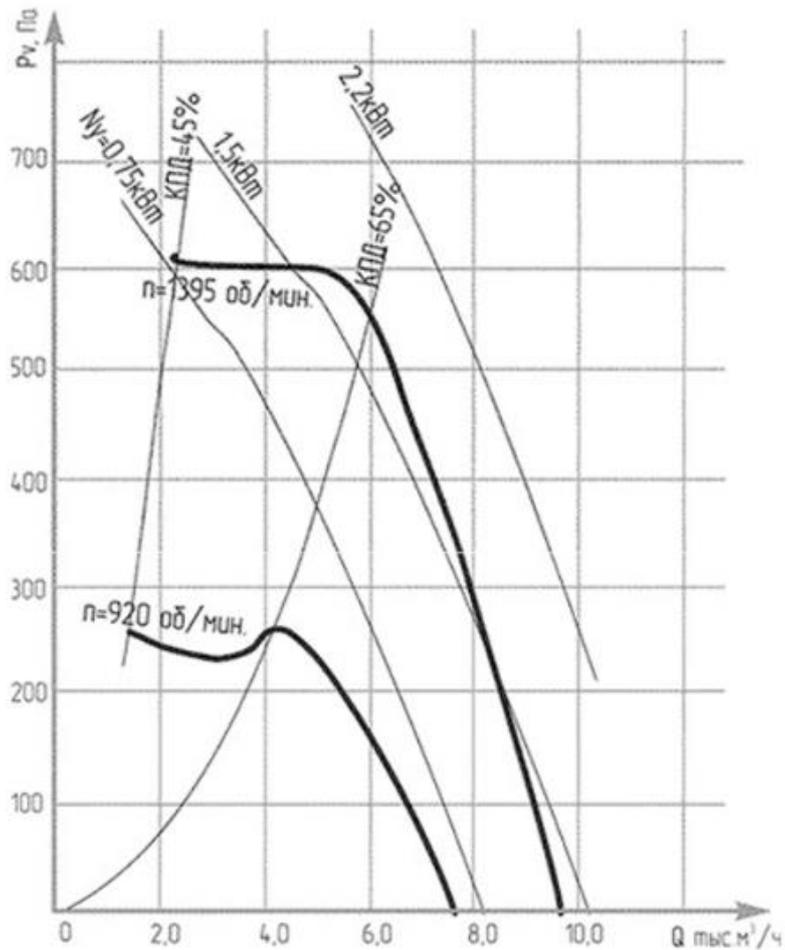
Продуктивність – 1,5-4,2 тис.м<sup>3</sup>/год

**Вентилятор даховий радіальний ВДР (ВКР)** призначений для видалення повітря та інших вибухобезпечних газоповітряних сумішей, агресивність яких щодо вуглецевих сталей звичайної якості не перевищує агресивність повітря, з температурою до +50°С, які містять пил та інші тверді домішки в кількості не більше, ніж 100 мг/м<sup>3</sup>, а також не містять липких і волокнистих матеріалів.

Температура навколишнього середовища – від мінус 40°С до плюс 40°С (плюс 45°С для вентиляторів у тропічному виконанні).

Вентилятори експлуатуються в умовах помірного (П) і тропічного (Т) клімату **категорії розміщення 1** по ГОСТ 15150-69.

									Арк.
									65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601НТ -11393312.3П				



## ВКР-5

Рис.21 Характеристика дахового вентилятора ВДР-5 (ВКР-5)

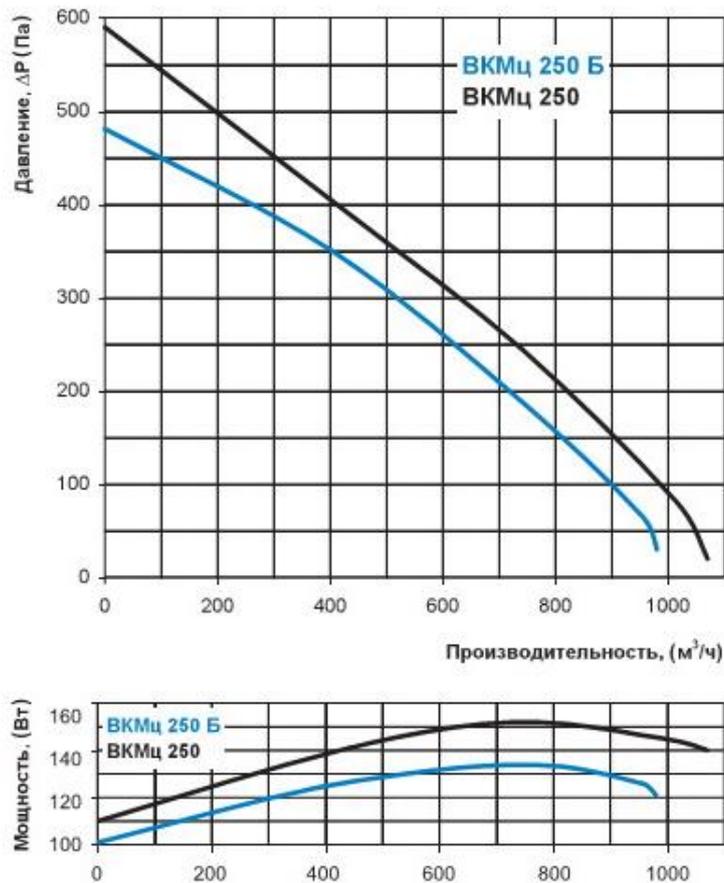
Число оборотів вентилятора складе  $920 \text{ хв}^{-1}$ . Потужність вентилятора становитиме  $0,6 \text{ кВт}$ ,  $\text{ККД} = 70\%$ . Вентилятор має запас як за продуктивності, і по напору.

									Арк.
									66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

601НТ -11393312.3П



оснащений відцентровим робочим колесом із загнутими назад лопатками. Двигун має вбудований тепловий захист що автоматичний перезапуск. Застосування у двигуні підшипників кочення забезпечує великий термін експлуатації (40000 годин). Для досягнення точних характеристик, низького рівня шуму та безпечної роботи вентилятора кожне робоче колесо під час складання проходить динамічне балансування.



#### VKMц 250 Б

	Гц	Октавные полосы частот, Гц								
		Общ.	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{\text{ввд}}$ ко входу	дБ(А)	69	46	59	61	65	62	58	60	54
$L_{\text{ввд}}$ к выходу	дБ(А)	74	49	59	63	66	67	62	64	56
$L_{\text{ввд}}$ к окружению	дБ(А)	60	42	54	54	44	37	37	52	45

#### VKMц 250

	Гц	Октавные полосы частот, Гц								
		Общ.	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{\text{ввд}}$ ко входу	дБ(А)	75	60	66	67	67	67	63	56	45
$L_{\text{ввд}}$ к выходу	дБ(А)	76	60	73	71	69	65	66	59	46
$L_{\text{ввд}}$ к окружению	дБ(А)	65	58	62	60	47	43	40	47	36

Рис.23 Характеристика вентагрегату Вентс VKMц 250



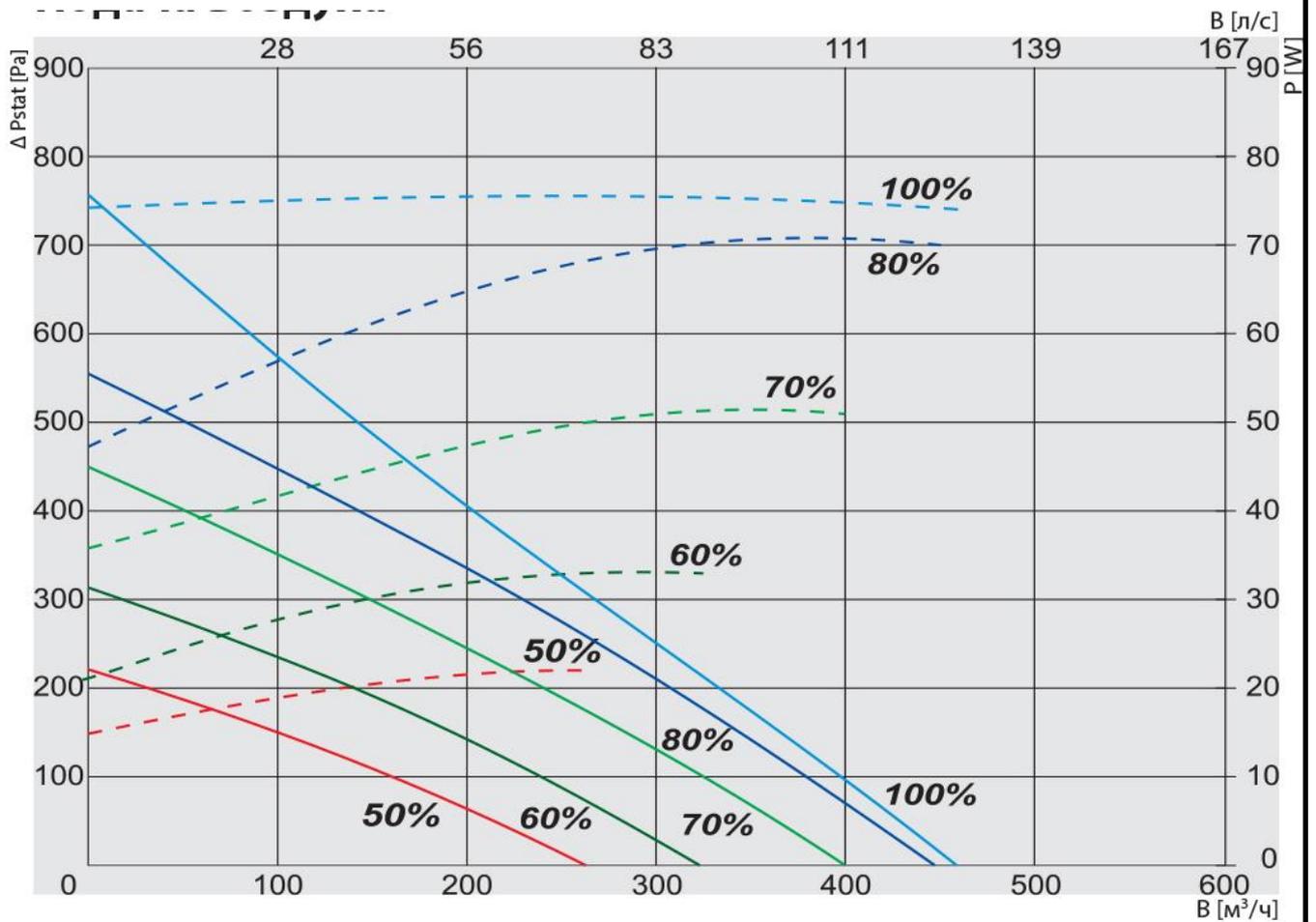


Рис.25 Характеристика припливно-витяжної установки Salda RIS 400 PE

### 3.7 Заходи з енергоефективності

В цілях економії паливно-енергетичних ресурсів, а також у відповідності з вимогами нормативних документів, даним проектом передбачаються наступні заходи з комплексного енергозбереження в системах опалення та вентиляції: - теплотехнічні показники зовнішніх огорожувальних конструкцій прийняті у відповідності з вимогами ДБН В.2.6-31:2021, що дозволить отримати значний експлуатаційний ефект в частині економії теплової енергії в холодний період року за рахунок скорочення теплових втрат і значно ослабити зовнішні надходження тепла в теплий період року; - прилади опалення комплектуються термостатичними клапанами; - встановлення повітряних завіс, які знижують витрати тепла на нагрівання повітря, що надходить через входні двері; - застосування припливно-

									Арк.
									70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601НТ-11393312.3П				

витяжних установок з рекуператором для використання тепла витяжного повітря; - автоматичне управління вентустановками; - автоматичне регулювання температури припливного повітря в залежності від температури зовнішнього повітря; - для економії електроенергії, зменшення пускового навантаження і плавної роботи електродвигунів вентобладнання, електродвигуни забезпечені частотними перетворювачами; - застосування обладнання з високим ККД; - застосування схеми автоматичного регулювання подачі теплоносія в місцеву систему з метою встановлення розрахункових витрат і температури зворотної води; - встановлення контрольно-вимірювальних приладів у місцях, що дозволяють здійснювати контроль роботи обладнання; - теплоізоляція трубопроводів, арматури і обладнання.

Оскільки в даному проекті для забезпечення функціонування системи опалення та вентиляції використовується велика кількість вентагрегатів що споживають велику кількість електричної енергії.

Для підвищення енергоефективності пропонується використовувати вентагрегати в основі яких ЕС двигуни.

відцентровими вентиляторами із заломленими назад лопатками, обладнані високоефективними електронно-комутованими (ЕС) моторами постійного струму з зовнішнім ротором. Такі мотори є на сьогоднішній день найбільш передовим рішенням в області енергозбереження. Завдяки динамічному балансуванню колеса досягається низький рівень шуму, м'яка робота і, як наслідок, комфортні умови для споживача.

#### Переваги вентиляторів типу ЕС

- Високий КПД (до 93 %), економія електроенергії забезпечує зниження експлуатаційних витрат (зниження витрат на електроенергію від 30 % завдяки оптимізації режиму роботи вентилятора відповідно до вимог по параметрам);

- Легкий і точний вихід на робочу точку за допомогою електронно-

					<b>601HT-11393312.3П</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

комутованого двигуна;

- Плавне регулювання продуктивності;

- Більш високий коефіцієнт корисної дії (двигун і вентилятор на одному валу, менше витрат на тертя);

- Низький рівень шуму при порівняно високій потужності (нижче, ніж у традиційних вентиляторів на 20÷30 дБ(А));

- Захист двигуна від механічних впливів і електричних перевантажень (діапазон припустимих напруг живлення 200-277 В і 380-480 В ± 15%);

- Не потребує сервісного обслуговування;

- Має тривалий термін служби (більше 60 000 годин, тобто 6-8 років безперервної роботи);

- Компактніші.

					<b>601HT -11393312.3П</b>	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ

### 4.1 Вихідні дані для економічного обґрунтування

Для оцінки економічних показників роботи дахових кондиціонерів розрахунку споживання електричної енергії та енергоресурсів протягом опалювального періоду та оцінки економічних ефектів, вартість електричної енергії була взята [1] для економічного обґрунтування прийнятих в проекті рішень.

На наступному рисунку наведені данні виробника де вказано характеристики обладнання що забезпечує підігрів повітря, дана модель може бути укомплектована тепловим насосом або газовим нагрівачем.

Модель		5-25	8-45	12-65	16-85	20-100
<b>Охолодження (1*)</b>						
Холодопродуктивність бруто	кВт	25,9	42,8	61,0	83,1	111,0
Холодопродуктивність нетто	кВт	25,02	40,8	58,9	80,3	105,8
Споживана ел. потужність(2*)	кВт	7,6	15,1	20,5	28,4	44,5
EER бруто (3*)		3,41	2,83	2,98	2,93	2,50
EER нетто (4*)		3,29	2,70	2,87	2,82	2,38
<b>Нагрів - тепловий насос (5*)</b>						
Теплопродуктивність бруто	кВт	24,1	41,4	61,2	82,4	114,8
Теплопродуктивність нетто	кВт	24,98	43,4	63,3	85,2	120,0
Споживана ел. потужність (2*)	кВт	6,74	13,4	20,0	25,6	37,8
COP бруто (3*)		3,58	3,09	3,06	3,22	3,04
COP нетто (4*)		3,70	3,24	3,17	3,33	3,17
<b>Компресор</b>						
Кількість (компр./хол. контурів)	шт.	1 / 1	2 / 1	2 / 2	4 / 2	
Ступені продуктивності	%	0÷100	0-50-100	0-50-100	0-25-50-75-100	
<b>Заправка холодоагентом R410A</b>						
Тільки холод	кг	8,6	9,5	9,0 / 9,0	10,0 / 10,0	10,5 / 10,5
Холод / Тепловий насос	кг	10,5	12,2	11,0 / 11,0	12,8 / 12,8	13,5 / 13,5
<b>Вентилятори (випарник)</b>						
Номінальна витрата повітря	м³/год	4500	8100	11500	16000	22500
Вільний напір	Па	≤1000	≤1000	≤1300	≤1130	≤830
<b>Вентилятори (конденсатор)</b>						
Витрата повітря	м³/ч	1x11000	2 x 9750	2 x 16000	4 x 9750	
<b>Газовий нагрів (6*)</b>						
Продуктивність, що підводиться	кВт	27,4	65,7	109,8	108,9	
Продуктивність на виході	кВт	25,0	58,7	99,3	100,5	
Витрата газу	м³/год	2,90	6,95	11,63	11,60	
Ефективність	%	91	89	91	92	
NOx	мг/кВт-год	< 95,0	< 95,0	< 95,0	< 95,0	
CO2	год	8,5	7,8	8,7	8,3	
Підключення	%	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	

Рис.26 характеристики обладнання дахового кондиціонера що забезпечує підігрів повітря.

									Арк.
									73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601HT -11393312.3П				

## 4.2 Економічні показники проекту

Оскільки ціна на природний газ коливається, дані вартості були взяті за 2023 рік тариф на природний газ для непобутових споживачів, що діяли з 1.01.2023 по 31.01.2023 наведені на рис.1

Постачальник (газопостачальна компанія)	▼ передплата	▼ оплата за фактом
	(грн. за 1 м <sup>3</sup> , з ПДВ)	
Україна		
<a href="#">ТОВ ГК "Нафтогаз України"</a>		34,5000

Рис.27 тариф на природний газ для непобутових споживачів

На теплову енергію, її виробництво, транспортування та постачання ПОВПТГ «Полтаватеплоенерго», становлені рішенням Полтавської обласної ради №854 від 30.08.2024 умовно-змінна частина двоставкового тарифу на теплову енергію 2 813,61 грн/Гкал або 2 419,26 грн./МВт\*год.

Вартість електричної енергії з 07:00 до 17:00 та з 23:00 до 24:00 – 8 250 грн./МВт\*год.

Маючи наведені вище дані можливо розрахувати експлуатаційні витрати на протязі опалювального періоду.

Таблиця 17 Річні витрати тепла у робочий час:

Найменування	Одиниця виміру	Кількість
Ріні витрати тепла у робочий час:		
в) на опалення та	МВт	100,78
г) на вентиляцію складу	МВт	186,03
<b>Разом по складу</b>	<b>МВт</b>	<b>286,82</b>

Характеристика теплового насосу інтегрованого в корпус дахового кондиціонера дає змогу забезпечити роботу до -15°C зовнішнього повітря, що становить 91% від опалювального періоду далі потребу у опаленні візьмуть на себе газові нагрівачі.

## ВИСНОВКИ

Система вентиляції необхідна людині для підтримки комфортного Мікроклімат у приміщенні. Вона здатна не тільки видалити забруднення в повітрі, але також підтримувати заданий рівень вологості та температури повітря, що дуже важливо. Від стану мікроклімату в приміщенні безпосередньо залежить працездатність і самопочуття людини: при вміст у повітрі різних домішок, недостатній або надлишковий нагрівання повітря та невідповідної нормам вологості можуть виникнути різні захворювання, а при постійному застоюванні повітря розвинути Хронічні форми. У промисловості найбільшу ефективність має штучна вентиляція. Система утилізації тепла дозволяє повертати тепло відпрацьованого повітря назад у приміщення, тим самим зберігаючи постійну температуру всередині будівлі і дозволяє знизити витрати на нагрівання повітря при опалення.

Для створення та підтримки оптимальних показників мікроклімату в адміністративно-складіському корпусі розроблена система припливно-витяжної вентиляції.

Розроблена система вентиляції повністю забезпечить необхідний повітрообмін у приміщенні, дозволить скоротити витрати на опалення приміщення та забезпечить підтримання необхідної температури у будь-який час року

- Підібрано вентилятори та обладнання

Вентс ВКМц 250 кількість 3шт.

**ВКР-5 потужністю 0,75 кВт на 1000 об./хв. - ВР86-77м-3.15, кількість 8шт.**

- Для очищення повітря від зварювальних аерозолів обраний повітряний фільтр бокс.
- припливно-витяжну установку Salda RIS 400 PE
- дахового кондиціонера (руфтопа) фірми « АМС» МС - R WH - D -12 – 20 / 100

					<b>201пНТ-20240. ЛП</b>	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис.28 Вартість енергоресурсів за опалювальний період, грн.

Проаналізувавши результати розрахунку витрат на енергоресурси за опалювальний період можна стверджувати наступне:

- Використання дахових кондиціонерів є більш вигідним з економічної точки зору у порівнянні з індивідуальним опаленням на основі газових котлів.
- Проаналізовано можливість теплопостачання від теплових мереж, тут економічні показники доволі близькі до економічних показників при експлуатації дахових кондиціонерів. В даному випадку пріоритетність вибору буде залежати від умов та кількість капіталовкладень для забезпечення теплопостачання будівлі, але використання дахових кондиціонерів в даному випадку буде перемагати в більшості випадків оскільки опалення та вентиляція організована через мережу повітропроводів і потребує розробки та монтажу системи теплопостачання та системи опалення.

Використання дахових кондиціонерів є сучасним технологічним рішенням, що дозволяє вирішувати комплексні питання опалення, вентиляції та кондиціонування повітря. Дахові кондиціонери забезпечують високий рівень енергетичної автономності, що дає змогу підприємствам та адміністративним будівлям забезпечувати необхідні для роботи параметри мікроклімату.

					601НТ -11393312.3П	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77



«Теплоенергетика» / М.Ф.Боженко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 380 с.

10. <https://www.softvac.com/uk/home>
11. [https://www.salda.kiev.ua/?gad\\_source=1&gclid=Cj0KCQiA88a5BhDPAIIsAFj595iI8Q9-vy3n7MN\\_gWap7k2J3taJUvkZghunwB2IewNewS4f3q8S2yUaAh7MEALw\\_wcB](https://www.salda.kiev.ua/?gad_source=1&gclid=Cj0KCQiA88a5BhDPAIIsAFj595iI8Q9-vy3n7MN_gWap7k2J3taJUvkZghunwB2IewNewS4f3q8S2yUaAh7MEALw_wcB)
12. [https://7-vz.com/category/kryshnye\\_konditsionery\\_ruftopy/f/manufacturer-is-acm/model-is-ms-r-8-45/a/](https://7-vz.com/category/kryshnye_konditsionery_ruftopy/f/manufacturer-is-acm/model-is-ms-r-8-45/a/)
13. <https://vents-shop.com.ua/ventilyator-vents-vkmc-250/>
14. <https://ua-energy.org/uk/posts/tsina-elektroenerhii-dlia-domohospodarstv-kyieva-za-rik-znyzylasia-na-2>
15. <https://index.minfin.com.ua/ua/tariff/gas/prom/2023-01-01/>
16. <http://te.pl.ua/tarifi/tarifi-dlya-potreb-nshih-spozhyvachv/>

					<b>601HT -11393312.3П</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

*Міністерство освіти і науки України національний університет  
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»  
Навчально-науковий інститут нафти і газу  
Кафедра теплогазопостачання, вентиляції та теплоенергетики*

*Ілюстративні матеріали  
до дипломної роботи магістра*

*на тему : " Визначення економічних показників застосування утилізації теплоти повітря системи вентиляції адміністративно-складської будівлі "*

*Виконав: студентка 6 курсу, групи 601 НТ спеціальності 144 Теплоенергетика  
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)  
Черненко М.О .*

*(прізвище та ініціали)*

*Керівник к.т.н., доц. Гузик Д.В.*

*(прізвище та ініціали)*

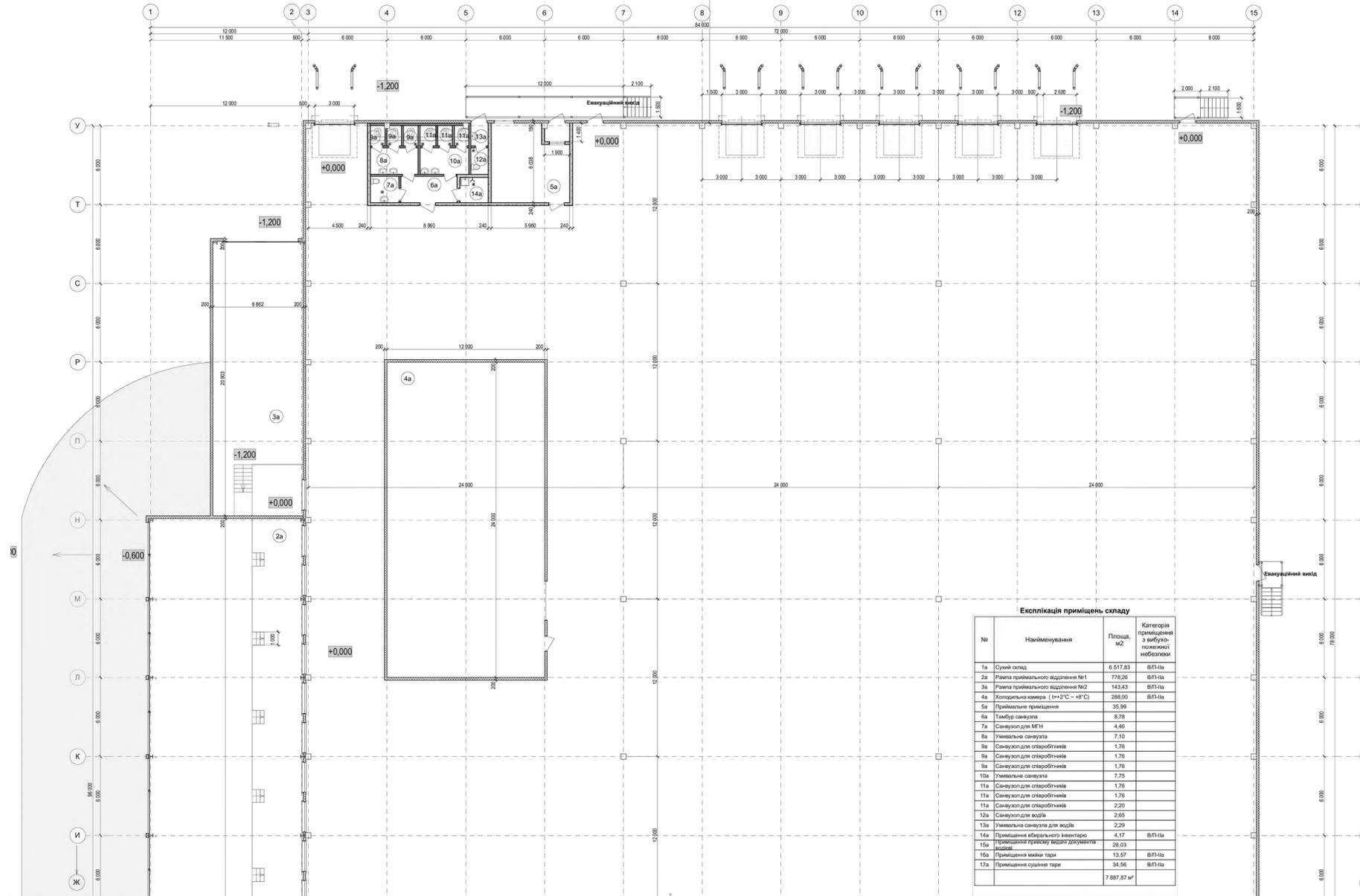
*Зав.кафедрою к.т.н проф.Голік Ю.С.*

*(прізвище та ініціали)*

*Полтава - 2024 рік*



План адміністративно-складської будівлі



Експлікація приміщень складу

Номер приміщення	Найменування	Площа, м <sup>2</sup>	Кат. приміщення
1a	Сухий склад	6505,41	В/П-Іа
2a	Холодильна камера з експедицією1 ( t=+2°C ~ +8°C)	72,57	В/П-Іа
3a	Холодильна камера з експедицією2 ( t=+2°C ~ +8°C)	186,69	В/П-Іа
4a	Холодильна камера. Вакцини ( t=+2°C ~ +8°C)	37,17	В/П-Іа
5a	Приміщення приміщення	32,67	
6a	Тамбур санузла	8,38	
7a	Санвузол1	4,15	
8a	Умивальна санвузла 1	7,2	
9a	Санвузол для співробітників 1-1	1,76	
9a	Санвузол для співробітників 1-2	1,71	
9a	Санвузол для співробітників 1-3	1,74	
10a	Умивальна санвузла2	7,2	
11a	Санвузол для співробітників 2-1	1,65	
11a	Санвузол для співробітників 2-2	1,76	
11a	Санвузол для співробітників 2-3	1,76	
12a	Санвузол для водіїв	2,65	
13a	Умивальна санвузла для водіїв	2,31	
14a	Приміщення вбирального інвентарю	3,85	В/П-Іа
15a	Тамбур приймального приміщення	2,64	
16a	Приміщення сушіння тари	32,13	В/П-Іа
17a	Приміщення мийки тари	12,37	В/П-Іа
18a	Приміщення прийому та видачі документів водіїв	24,04	
19a	Приміщення пожежного посту	23,72	
		<b>6 975,53 м<sup>2</sup></b>	

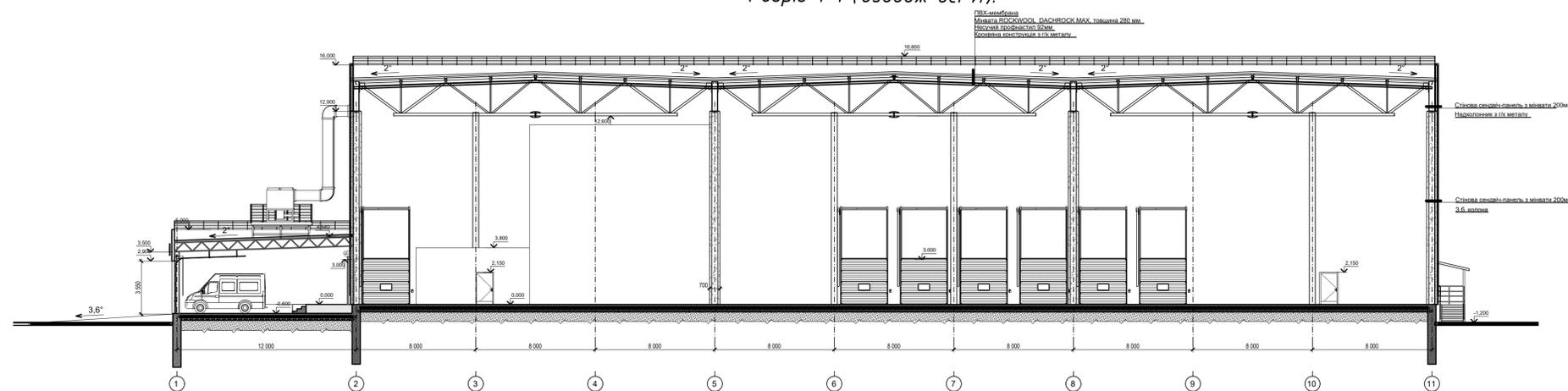
Експлікація приміщень розвантажувальної рампи 1

Номер приміщення	Найменування	Площа, м <sup>2</sup>	Кат. приміщення
1c	Рампа приймального відділення №1	775,71	В/П-Іа
2c	Тамбур1	4,76	
3c	Приміщення відпочинку водіїв	43,22	
4c	Санвузол	9,25	
5c	Кабінет	23,93	
6c	Приміщення теплогенераторної	31,91	В/П-Іа
7c	Тамбур2	7,31	
		<b>896,09 м<sup>2</sup></b>	

Експлікація приміщень розвантажувальної рампи 2

Номер приміщення	Найменування	Площа, м <sup>2</sup>	Кат. приміщення
16	Рампа приймального відділення №2	140,4	В/П-Іа
26	Приміщення для макулатури	66,69	В/П-Іа
36	Приміщення електрощитової	44,23	
46	Коридор	21,06	
56	Приміщення зарядної	70,2	Д
		<b>342,58 м<sup>2</sup></b>	

Розріз 1-1 (вздовж осі І).



601ПТ - 11393312

Зн. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Визначення економічних показників застосування утилізації теплоти повітря системи вентиляції адміністративно-складської будівлі	Літера	Арк.	Аркушів
Виконав	Черненко М.О.				Р	2	
Перевір.	Гуцук Д.В.						
Н. контр.	Гуцук Д.В.			План адміністративно-складської будівлі Розріз 1-1			НУЛП ім. Ю.Кондратюка
Затверд.	Голік Ю.С.						

Розрахункові теплові навантаження у холодний період

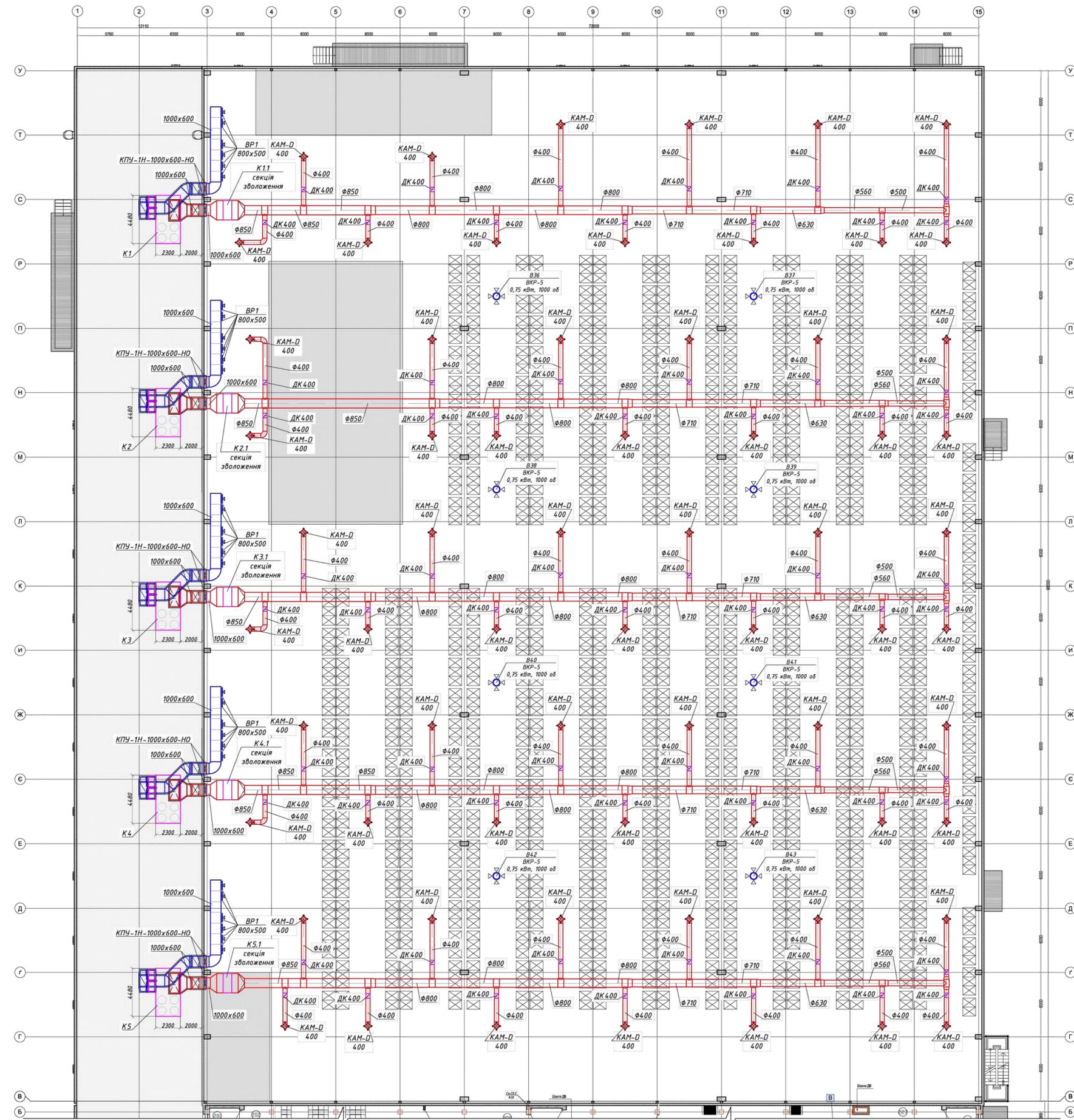
№ п/п	Найменування приміщення	Об'єм приміщення Уп, м³	Внутрішня температура, °С	Потреби на опалення, Q <sub>о</sub> , кВт	Потреби на вентиляцію, Q <sub>в</sub> , кВт
1а	Сухий склад	81968	16	145658,8	268851,2
5а	Приймальне приміщення	91	18	161,7	298,5
7а	Санвузол 1	12	18	21,3	39,4
9а	Санвузол для співробітників 1-1	5	18	8,9	16,4
9а	Санвузол для співробітників 1-2	5	18	8,9	16,4
9а	Санвузол для співробітників 1-3	5	18	8,9	16,4
11а	Санвузол для співробітників 2-1	5	18	8,9	16,4
11а	Санвузол для співробітників 2-2	5	18	8,9	16,4
11а	Санвузол для співробітників 2-3	5	18	8,9	16,4
12а	Санвузол для водіїв	8	18	14,2	26,2
14а	Приміщення вбирального інвентарю	12	18	21,3	39,4
16а	Приміщення сушіння тари	96	18	170,6	314,9
17а	Приміщення мийки тари	37	16	65,7	121,4
18а	Приміщення прийому та видачі документів водіїв	72	18	127,9	236,2
19а	Приміщення пожежного посту	71	18	126,2	232,9
16	Рампа приймального відділення №2	702	18	1247,5	2302,5
26	Приміщення для макулатури	333	16	591,7	1092,2
36	Приміщення електрошитової	221	16	392,7	724,9
56	Приміщення зарядної	330	16	586,4	1082,4
3с	Приміщення відпочинку водіїв	151	18	268,3	495,3
4с	Санвузол	32	18	56,9	105,0
5с	Кабінет	84	18	149,3	275,5
Разом		84250		149714	276336,0

Розрахункові повітрообміни приміщень

№№ п/п	Найменування приміщення	Об'єм приміщення Уп, м³	Кратність повітрообміну- нуза		Повітрообмін L, м³/год		Найменування системи	
			Приплив	Витяжка	Приплив	Витяжка	Приплив	Витяжка
1а	Сухий склад	81968	За розрахунком			20000	К1-К5	В36-В43
5а	Приймальне приміщення	91	3	3	280	280	ПВ14	ПВ14
7а	Санвузол 1	12	100м³/год на унітаз			100		В33
9а	Санвузол для співробітників 1-1	5				100		В33
9а	Санвузол для співробітників 1-2	5				100		В33
9а	Санвузол для співробітників 1-3	5				100		В33
11а	Санвузол для співробітників 2-1	5				100		В33
11а	Санвузол для співробітників 2-2	5				100		В33
11а	Санвузол для співробітників 2-3	5				100		В33
12а	Санвузол для водіїв	8				100		В33
14а	Приміщення вбирального інвентарю	12				50		В33
16а	Приміщення сушіння тари	96			2	200		В29
17а	Приміщення мийки тари	37		2	100		В29	
18а	Приміщення прийому та видачі документів водіїв	72	2	2	150	150	ПВ13	ПВ13
19а	Приміщення пожежного посту	71		2	150		В34	
16	Рампа приймального відділення №2	702		1	700		В32	
26	Приміщення для макулатури	333		1	340		В31	
36	Приміщення електрошитової	221		1	220		В30	
56	Приміщення зарядної	330	1,5	1,5	500	500	П2	В35
3с	Приміщення відпочинку водіїв	151	2	2	300	300	ПВ1	ПВ1
4с	Санвузол	32			300		В1	
5с	Кабінет	84		1,5	120	120	ПВ1	ПВ1



				601НТ - 11393312				
Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	визначення економічних показників застосування утилізації теплої повітря системи вентиляції адміністративно-складської будівлі		Літера	Арк.	Аркушів
Виконав	Черненко М.О.					Р	3	
Перевір.	Гузик Д.В.							
Н. контр.	Гузик Д.В.				План першого поверху, розміщення систем ПВ-14, В33		НУПІП ім. Ю.Кондратюка	
Затверд.	Голік Ю.С.							



Аеродинамічний розрахунок системи К1(витяжна)

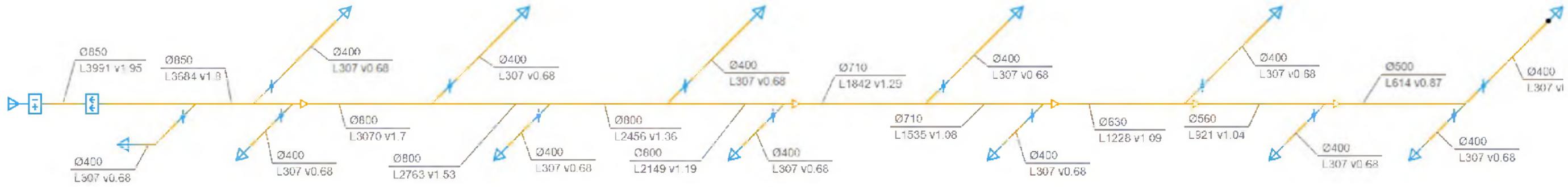
№	Найменування	Розмір, мм	L, м³/год	v, м/с	ζ	l, м	k, мм	Re, Па	ΣP, Па
1	Решітка	Ø800	500	0,28	2			0,1	0,1
2	Відведення-90°	Ø800	500	0,28	0,42				0,1
3	Трійник	Ø800/Ø800	500/1000	0,28/0,55	0,33			0,1	0,2
4	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø800	1000	0,55		0,7	0,15		0,2
5	Трійник	Ø800/Ø800	1000/1500	0,55/0,83	0,27			0,1	0,3
6	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø800	1500	0,83		0,7	0,15		0,3
7	Трійник	Ø800/Ø800	1500/2000	0,83/1,11	0,25			0,2	0,5
8	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø800	2000	1,11		0,7	0,15		0,5
9	Трійник	Ø800/Ø800	2000/2500	1,11/1,38	0,24			0,3	0,8
10	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø800	2500	1,38		0,7	0,15		0,8
11	Трійник	Ø800/Ø800	2500/3000	1,38/1,66	0,23			0,4	1,2

Аеродинамічний розрахунок системи К1(приплив)

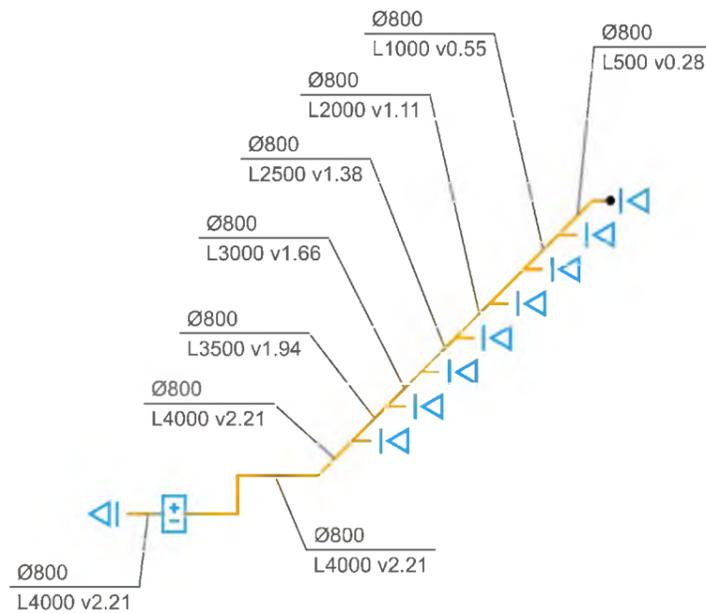
№	Найменування	Розмір, мм	L, м³/год	v, м/с	ζ	l, м	k, мм	Re, Па	ΣP, Па
Система ПВ-1 (приток)									
1	Дифузор	Ø400	307	0,68	3,5			1	1
2	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø400	307	0,68		1,84	0,15		1
3	Дросель-клапан	Ø400	307	0,68	0,6			0,2	1,2
4	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø400	307	0,68		0,66	0,15		1,2
5	Трійник	Ø400/Ø500	307/614	0,68/0,87	1,04			0,5	1,7
6	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø500	614	0,87		6,3	0,15	0,1	1,8
7	Перехід-60°	Ø500/Ø560	614	0,87/0,69	0,44			0,2	2
8	Трійник	Ø560/Ø400	614/921	0,69/1,04	0,27			0,2	2,2
9	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø560	921	1,04		6	0,15	0,2	2,4
10	Перехід-60°	Ø560/Ø630	921	1,04/0,82	0,44			0,3	2,7
11	Трійник	Ø630/Ø400	921/1228	0,82/1,09	0,25			0,2	2,9
12	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø630	1228	1,09		6	0,15	0,2	3,1
13	Перехід-60°	Ø630/Ø710	1228	1,09/0,86	0,44			0,3	3,4
14	Трійник	Ø710/Ø400	1228/1535	0,86/1,08	0,24			0,2	3,6
15	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø710	1535	1,08		6	0,15	0,1	3,7
16	Трійник	Ø710/Ø400	1535/1842	1,08/1,29	0,23			0,2	3,9
17	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø710	1842	1,29		6	0,15	0,2	4,1
18	Перехід-60°	Ø710/Ø800	1842	1,29/1,02	0,44			0,4	4,5
19	Трійник	Ø800/Ø400	1842/2149	1,02/1,19	0,22			0,2	4,7
20	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø800	2149	1,19		6	0,15	0,1	4,8
21	Трійник	Ø800/Ø400	2149/2456	1,19/1,36	0,22			0,2	5
22	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø800	2456	1,36		6	0,15	0,2	5,2
23	Трійник	Ø800/Ø400	2456/2763	1,36/1,53	0,22			0,3	5,5
24	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø800	2763	1,53		6	0,15	0,2	5,7
25	Трійник	Ø800/Ø400	2763/3070	1,53/1,7	0,22			0,4	6,1
26	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø800	3070	1,7		6	0,15	0,3	6,4
27	Трійник	Ø800/Ø400	3070/3377	1,7/1,87	0,22			0,5	6,9
28	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø800	3377	1,87		6	0,15	0,3	7,2
29	Трійник	Ø800/Ø400	3377/3684	1,87/2,04	0,21			0,5	7,7
30	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø800	3684	2,04		6	0,15	0,3	8
31	Перехід-60°	Ø800/Ø850	3684	2,04/1,8	0,41			1	9
32	Трійник	Ø850/Ø400	3684/3991	1,8/1,95	0,21			0,5	9,5
33	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø850	3991	1,95		6	0,15	0,3	9,8
34	Зволожувач	Ø850	3991	1,95	1,5			3,4	13,2
35	Повітропровід з оцинкованої сталі	Ø850	3991	1,95		0,8	0,15		13,2
36	Детандиційна установка	Ø850	3991	1,95					13,2
37	Дифузор	Ø850	3991	1,95	3,5			8	21,2

			601HT - 11393312				
Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Визначення економічних показників застосування утилізації теплоти повітря системи вентиляції адміністративно-складської будівлі	Літера	Арк.	Аркушів
Виконав	Черненко М.О.				Р	4	
Перевір.	Гузік Д.В.						
Н. контр.	Гузік Д.В.			Склад. План систем опалення вентиляції та кондиціонування приміщення складу			НУЛПТ ім. Ю.Кондратюка
Затверд.	Голік Ю.С.						

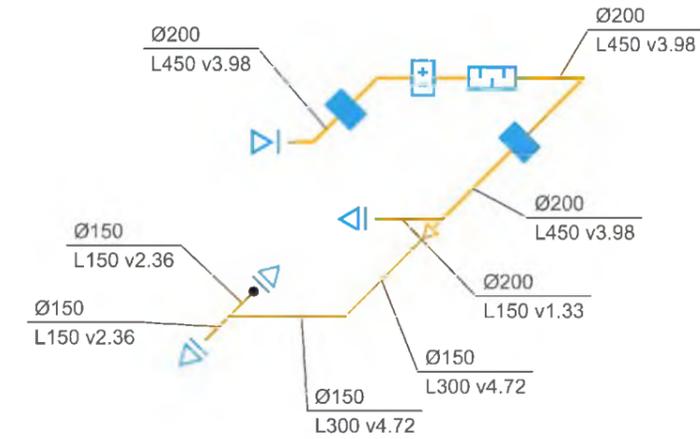
## Схема повітропроводів системи К1



### Схема повітропроводів системи К1 (витяжка)



### Схема повітропроводів системи ПВ-14 (приток)



### Примітка

Вентилятори системи подачі П01 та видалення повітря В01 передбачені з електроручними приводами. Відстані між елементами обладнання та конструкціями захисних споруд прийняті відповідно таблиці 11.1 п.11.2.1.4 ДБН В.2.2-5:2023.

Повітропроводи припливної та витяжної системи що прокладаються зовні, монтуються із сталевих зварних труб з товщиною стінки мінімум 8мм, та прокладаються з ухилом 0,003 і більше в бік від захисної споруди.

Повітрозабір та викид повітря розміщуються поза межами можливих завалів будівель та споруд.

601НТ -11393312

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Визначення економічних показників застосування утилізації теплоти повітря системи вентиляції адміністративно-складської будівлі	Літера	Арк.	Аркушів
Виконав		Черненко М.О.				Р	5	
Перевір.		Гузик Д.В.						
Н. контр.		Гузик Д.В.			Схема повітропроводів систем К1, ПВ-14			
Затверд.		Голік Ю.С.						НУПП ім Ю.Кондратюка

Схема повітропроводів системи В-34

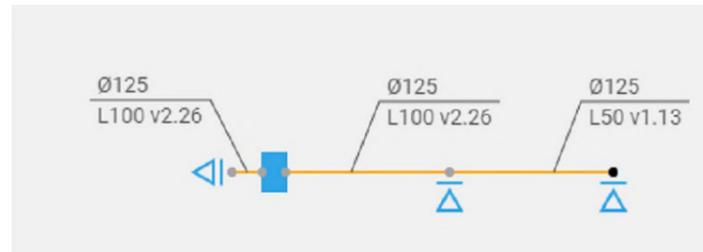


Схема повітропроводів системи В-33

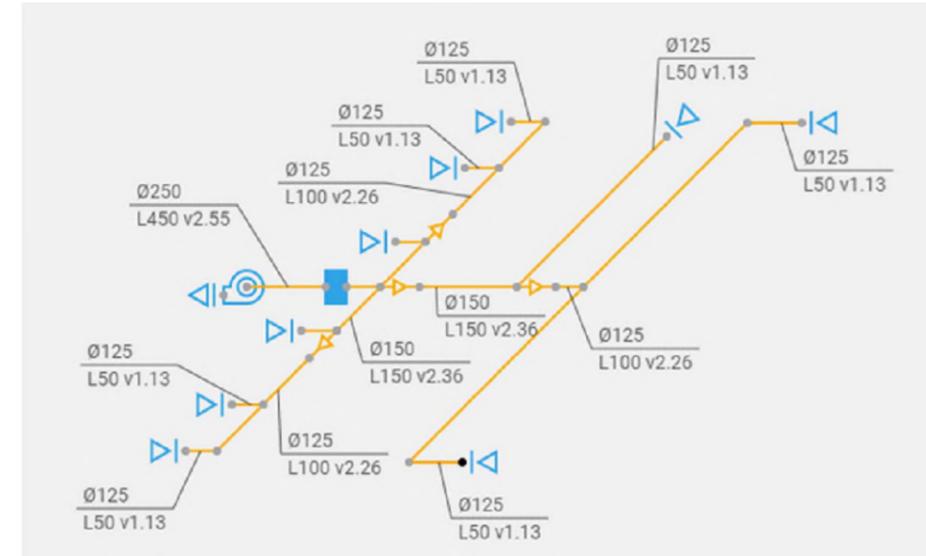


Схема повітропроводів системи В36-В46  
(витяжка)

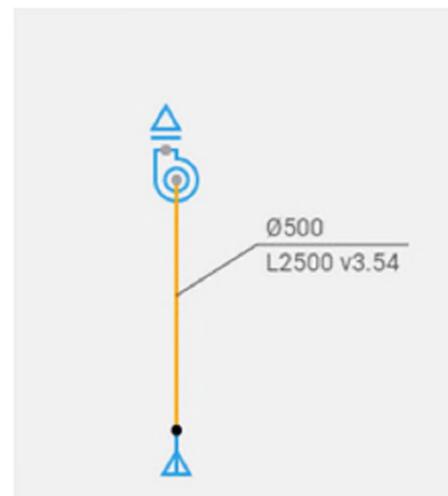
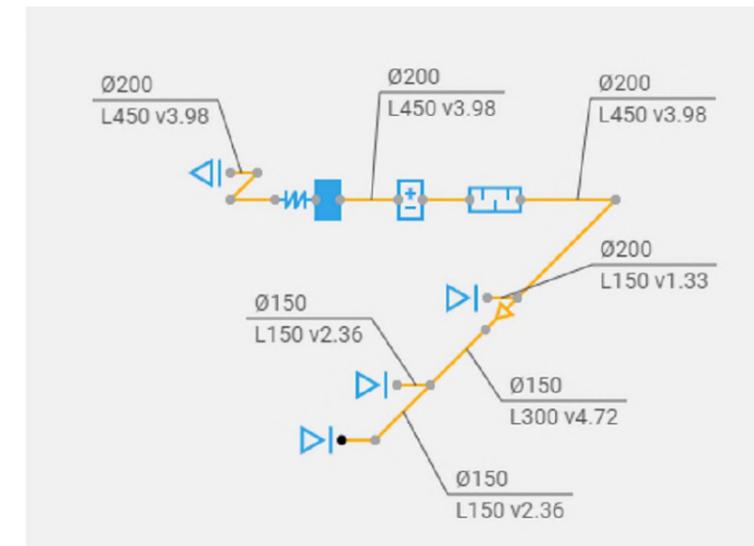


Схема повітропроводів системи ПВ-14  
(витяжка)



### Примітка

Вентилятори системи подачі П01 та видалення повітря В01 передбачені з електроручними приводами. Відстані між елементами обладнання та конструкціями захисних споруд прийняти відповідно таблиці 11.1 п.11.2.1.4 ДБН В.2.2-5:2023.

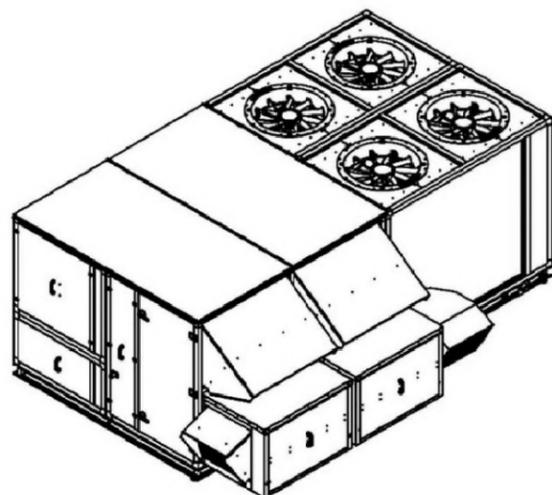
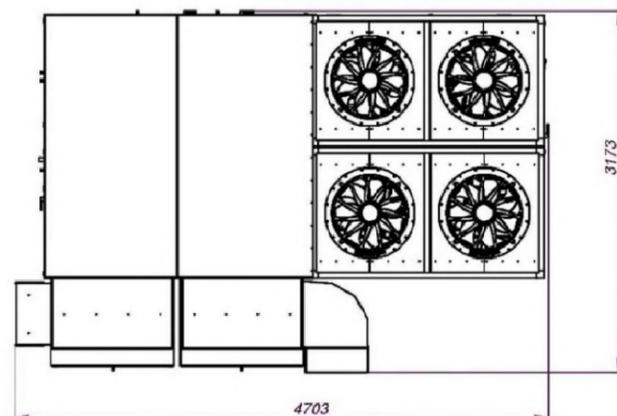
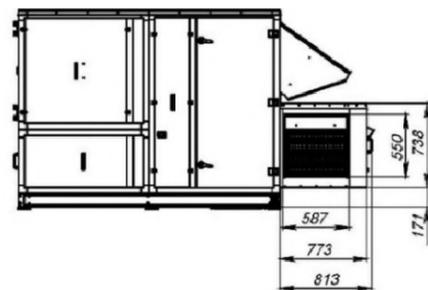
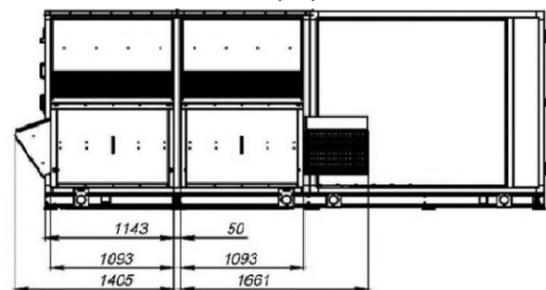
Повітропроводи припливної та витяжної системи що прокладаються зовні, монтуються із сталевих зварних труб з товщиною стінки мінімум 8мм, та прокладаються з ухилом 0,003 і більше в бік від захисної споруди.

Повітрозабір та викид повітря розміщуються поза межами можливих завалів будівель та споруд.

601НТ -11393312

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Визначення економічних показників застосування утилізації теплоти повітря системи вентиляції адміністративно-складської будівлі	Літера	Арк.	Аркушів
Виконав		Черненко М.О.				Р	6	
Перевір.		Гузик Д.В.						
Н. контр.		Гузик Д.В.			Схема повітропроводів систем В-34, В-36-В46, ПВ-14, В33	НУПП ім Ю.Кондратюка		
Затверд.		Голік Ю.С.						

Зовнішній вигляд дахового кондиціонера (руфтопа) фірми «АМС» MC-RWH-D12-20/100

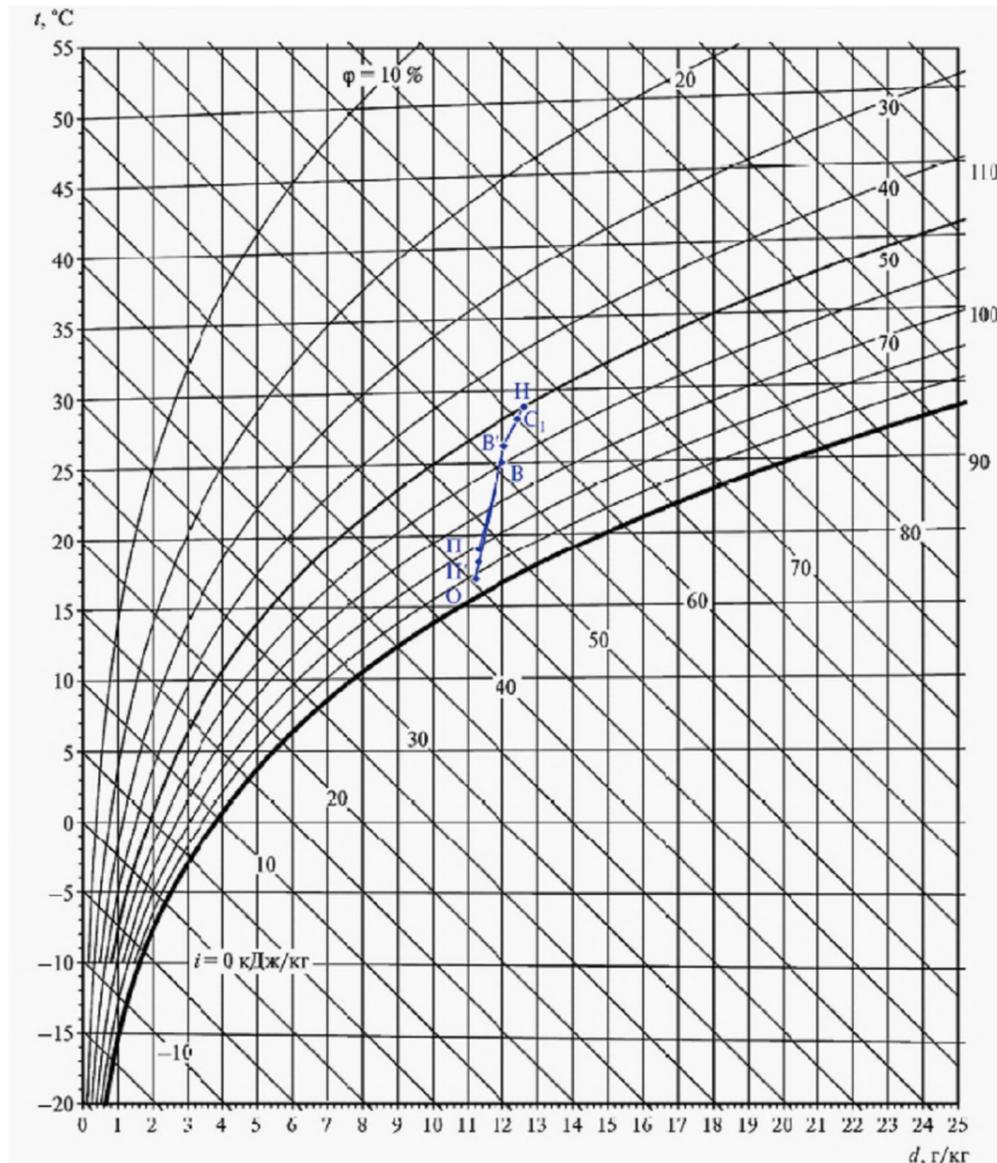


Холодопродуктивність «АМС» MC-RWH-D-12-20/100

Параметри повітря на вході у внутрішній теплообмінник	t, [°C]	φ, [%]	Температура зовнішнього повітря, [°C]											
			25			30			35			40		
			PT	PS	PA	PT	PS	PA	PT	PS	PA	PT	PS	PA
	21	60	113,2	81,6	28,7	108,0	79,3	31,8	102,0	76,5	35,2	94,8	73,5	39,1
	24	43	113,0	105,0	28,6	107,0	102,0	31,7	101,0	101,0	35,2	95,8	95,8	39,2
	27	31	118,0	118,0	29,1	113,0	113,0	32,3	107,0	107,0	35,9	101,0	101,0	39,9
	30	22	124,0	124,0	29,7	119,0	119,0	32,9	113,0	113,0	36,6	107,0	107,0	40,6
	24	63	124,0	79,9	29,6	118,0	77,4	32,8	111,0	74,8	36,3	103,0	71,9	40,2
	27	47	124,0	103,0	29,6	117,0	100,0	32,8	111,0	97,4	36,3	103,0	94,3	40,2
	30	36	124,0	124,0	29,7	119,0	119,0	33,0	113,0	113,0	36,6	107,0	107,0	40,6
	33	26	130,0	130,0	30,3	125,0	125,0	33,6	119,0	119,0	37,4	112,0	112,0	41,4
	27	65	135,0	78,5	30,8	128,0	76,2	33,9	120,0	73,1	37,5	112,0	70,5	41,4
	30	50	134,2	100,6	30,8	128,0	98,1	33,9	120,0	95,3	37,5	112,0	92,6	41,4
	33	39	135,0	122,0	30,8	128,0	119,0	34,0	121,0	116,0	37,5	112,0	112,0	41,4
	36	30	137,0	137,0	31,0	131,0	131,0	34,4	125,0	125,0	38,1	117,8	117,8	42,2

PT - повна холодопродуктивність, кВт  
 PS - явна холодопродуктивність, кВт  
 PA - споживана потужність компресорів, кВт  
 Споживана потужність автоматики 0,1 кВт  
 Потужність осьових вентиляторів 2,64 кВт

Результати побудови на i-d діаграмі процесів зміни стану повітря для теплого періоду року

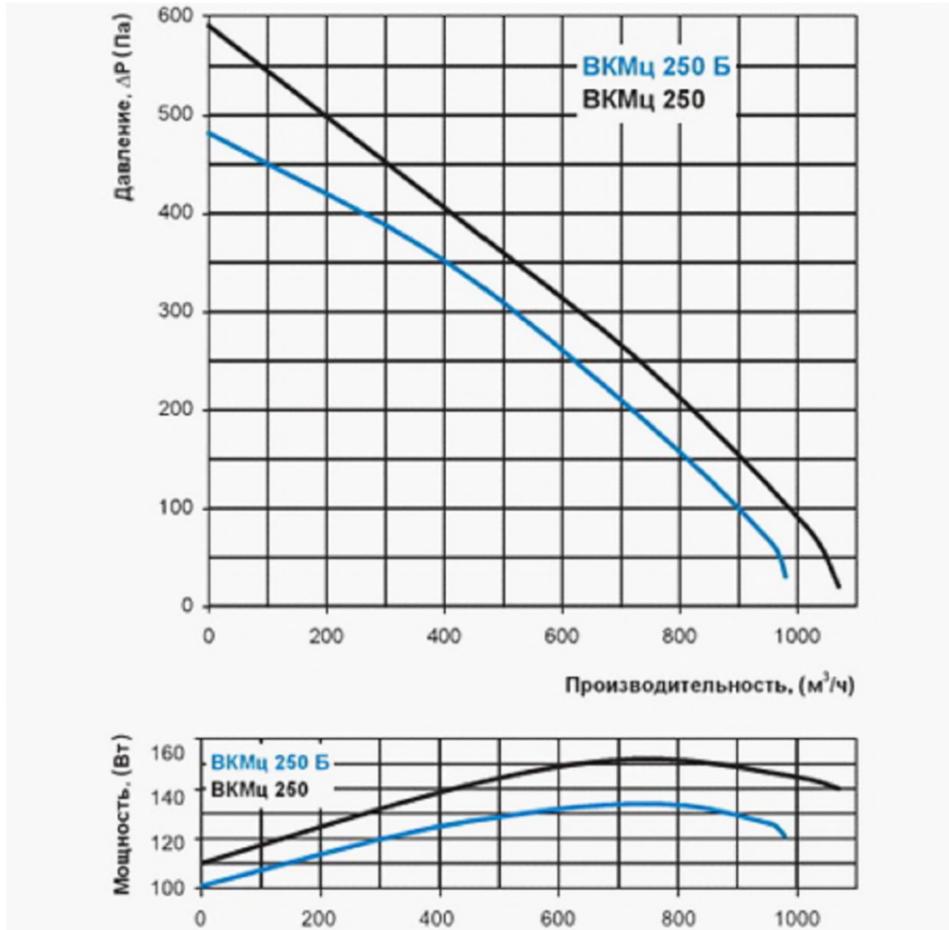


Таблиця параметрів точок процесу охолодження повітря

Параметри повітря	Одиниця виміру	H	B	Π	Π'(C2)	O	C1	B'
Температура t	°C	28,8	25,0	19,0	18,0	17,0	28,0	26,0
Відносна вологість φ	%	51	60	82	87	92	52	57
Вологовміст d	г/кг	12,7	12,1	11,4	11,4	11,3	12,5	12,1
Ентальпія i	кДж/кг	61,6	56,0	48,1	47,1	45,8	60,2	57,1

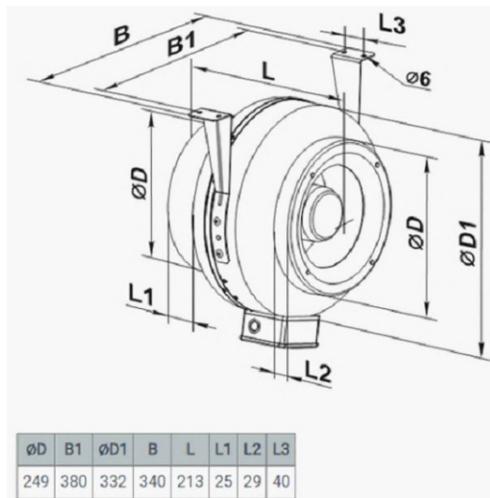
601HT - 11393312								
Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Визначення економічних показників застосування утилізації теплоти повітря системи вентиляції адміністративно-складської будівлі	Літера	Арк.	Аркушів	
Виконав	Черненко М.О.				P	7		
Перевір.	Гузик Д.В.							
Н. контр.	Гузик Д.В.			Результати побудови на i-d діаграмі процесів зміни стану повітря для теплого періоду року			НУПП ім Ю.Кондратюка	
Затверд.	Голік Ю.С.							

## Характеристика вентилятору Вентс ВКМц 250

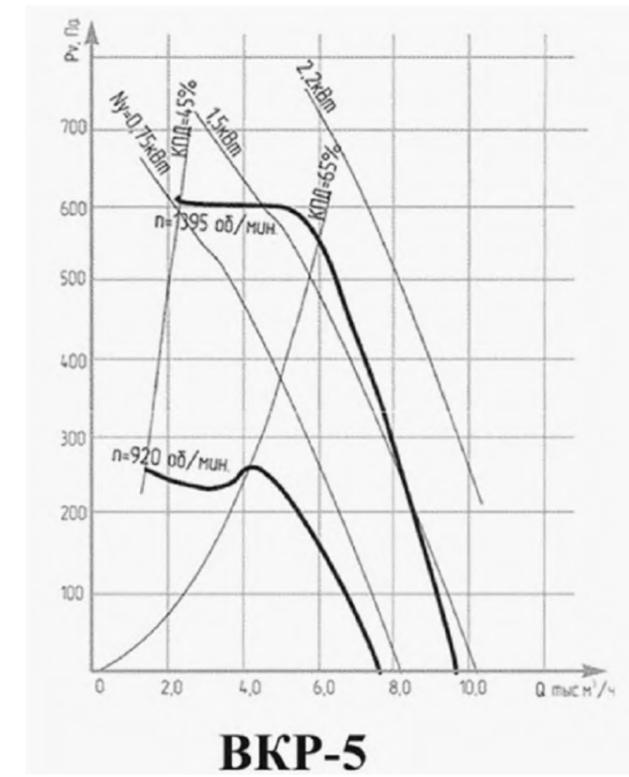


ВКМц 250 Б		Октавные полосы частот, Гц									
Уровень звуковой мощности		Гц	Общ.	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{\text{вд}}$ ко входу	дБ(А)	69	46	59	61	65	62	58	60	54	
$L_{\text{вд}}$ к выходу	дБ(А)	74	49	59	63	66	67	62	64	56	
$L_{\text{вд}}$ к окружению	дБ(А)	60	42	54	54	44	37	37	52	45	
ВКМц 250		Гц	Общ.	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{\text{вд}}$ ко входу	дБ(А)	75	60	66	67	67	67	63	56	45	
$L_{\text{вд}}$ к выходу	дБ(А)	76	60	73	71	69	65	66	59	46	
$L_{\text{вд}}$ к окружению	дБ(А)	65	58	62	60	47	43	40	47	36	

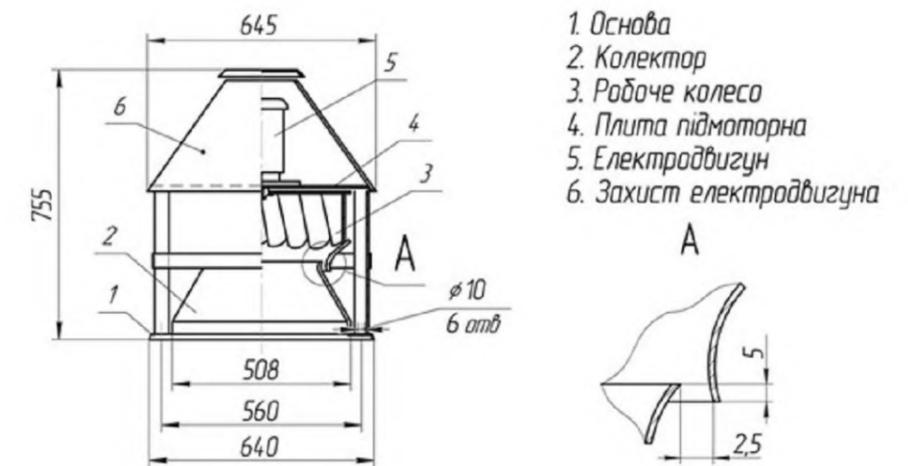
## Загальний вид вентилятору Вентс ВКМц 250



## Характеристика вентилятору ВДР-5 (ВКР-5)



## Загальний вид дахового вентилятора ВДР-5 (ВКР-5)



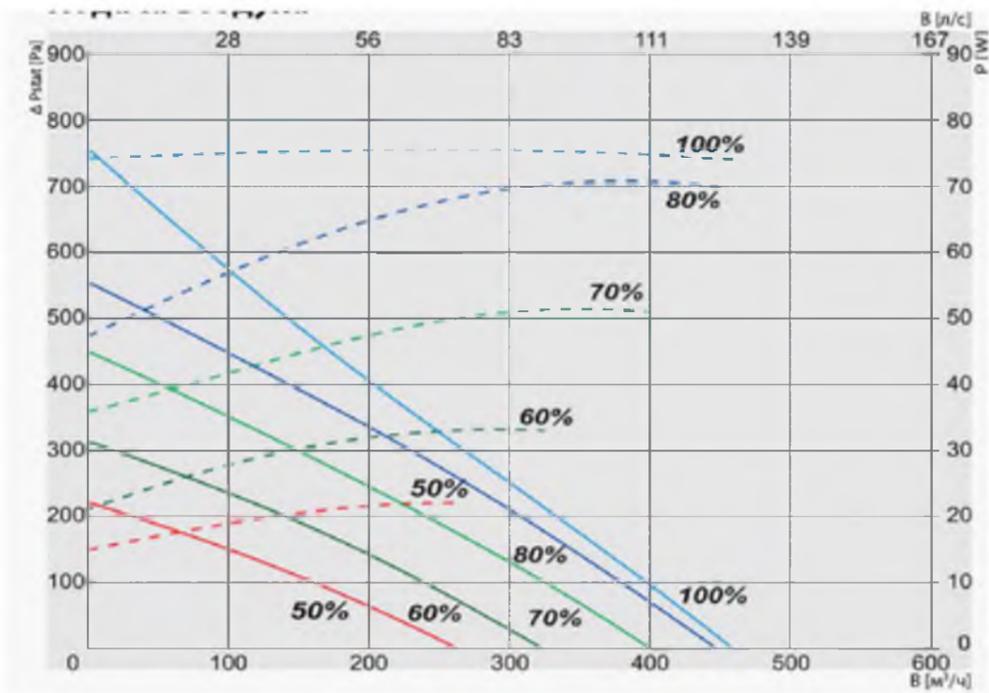
## Габаритно-установчі розміри вентилятора ВДР-5

601НТ -11393312							
Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Визначення економічних показників застосування утилізації теплоти повітря системи вентиляції адміністративно-складської будівлі	Літера	Арк.	Аркушів
Виконав	Черненко М.О.				Р	8	
Перевір.	Гузик Д.В.			Загальний вид вентилятора вентилятору Вентс ВКМц 250, ВДР-5 (ВКР-5)	НУПП ім Ю.Кондратюка		
Н. контр.	Гузик Д.В.						
Затверд.	Голік Ю.С.						

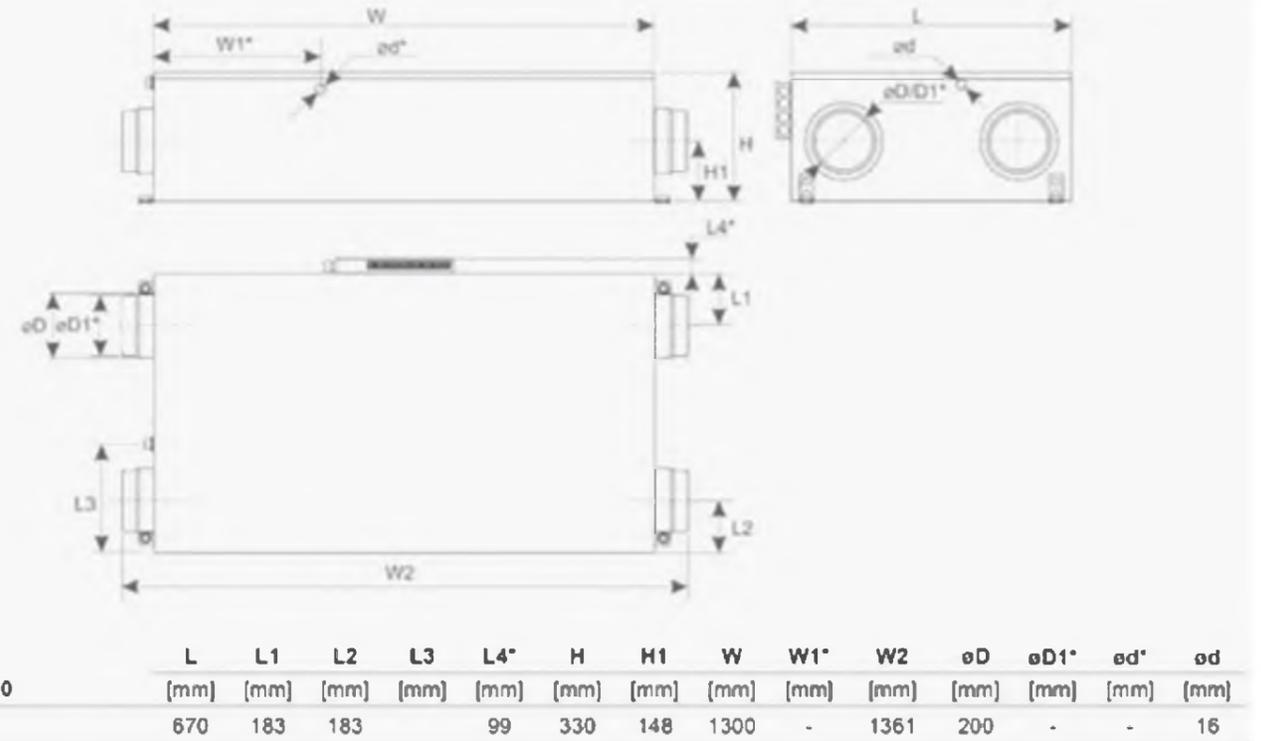
## ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМ

Позначення систем	Кількість	Найменування обслуговуваного приміщення (технологічного устаткування)	Тип установки, агрегата	Вентилятор			Електродвигун			Рекуператор											
				Тип, виконання по вибухозахисту	Положення	L, м³/час	P, Па	n, об/хв.	Тип, виконання по вибухозахисту	N, кВт	n, об/хв.	Тип теплообмінника	Т-ра нагріву, °C		Ефективність, кВт	Ефективність, %	P, Па				
													від	до							
ПВ14	1	Приймальне приміщення 5а	Припливно витяжна підвісна RIS 400 PE 0.9 ЕКО 3.0	П		280	200	3175	220В	0,086	3266	Пластинчатий рекуператор	-2	14,7	1570	82	80				
				В		280	200	3118	220В	0,086	3266		18	6,1				88			
К1-К5	5	Сухий склад прим. 1а	Даховий кондиціонер (Руфтоп)	МС-RGH-20-100		22500	800	1860	Двигун припливного вентилятора 380В	6x2	1860										
					Компресор 380В		7,62x4														
					Двигун вентилятора відпрацьованого газу 220В		0,07														
					Двигун вентилятора конденсатора		0,66x4														
Максимальна розрахункова електрична потужність		61,5*																			
В36-В43	8	Сухий склад прим. 1а	Даховий вентилятор	ВКР-5		2500			380В	0,75	1000										
В33	1	Санвузли прим. 6а, 7а, 8а, 9а, 10а, 11а, 12а, 13а, 14а	Канальний	ВКМц 250		850	175	2765	220В	0,152	2765										
В34	1	Приміщення пожежного посту прим. 19а	Канальний	ТТ Сайлент-М 125		150	90	2310	220В	0,030	2310										

Характеристика Salda RIS 400 PE



Загальний вид Salda RIS 400 PE



601HT -11393312

Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Визначення економічних показників застосування утилізації теплоти повітря системи вентиляції адміністративно-складської будівлі	Літера	Арк.	Аркушів
Виконав	Черненко М.О.				Р	9	
Перевір.	Гузик Д.В.						
Н. контр.	Гузик Д.В.			Загальний вид Salda RIS 400 PE, Характеристика систем	НУПП ім Ю.Кондратюка		
Затверд.	Голік Ю.С.						

## Висновки

### Річні витрати тепла у робочий час

Найменування	Одиниця виміру	Кількість
Річні витрати тепла у робочий час:		
в) на опалення та	МВт	100,78
г) на вентиляцію складу	МВт	186,03
<b>Разом по складу</b>	<b>МВт</b>	<b>286,82</b>

### Примітка

- Підібрано вентилятори та обладнання
  - Вентс ВКМц 250 кількість 3шт.
  - ВКР-5 потужністю 0,75 кВт на 1000 об./хв. - ВР86-77м-3.15, кількість 8шт.
  - Для очищення повітря від зварювальних аерозолів обраний повітряний фільтр бокс типу G-4.
  - припливно-витяжну установку Salda RIS 400 PE дахового кондиціонера (руфтопа) фірми « АМС» МС - R WH - D -12 - 20 / 100
- Підібрана модель дахового кондиціонера має високі значення показників COP- 3,6 та EER - 3,2 що відповідає класу енергоефективності А



### Класи енергоефективності кліматичного обладнання

Клас	Символ	Енергетичний показник	Теплотехнічний показник
A	A	EER > 3.20	COP > 3.60
B	B	3.20 ≥ EER > 3.00	3.60 ≥ COP > 3.40
C	C	3.00 ≥ EER > 2.80	3.40 ≥ COP > 3.20
D	D	2.80 ≥ EER > 2.60	3.20 ≥ COP > 2.80
E	E	2.60 ≥ EER > 2.40	2.80 ≥ COP > 2.60
F	F	2.40 ≥ EER > 2.20	2.60 ≥ COP > 2.40
G	G	2.20 ≥ EER	2.40 ≥ COP

				601HT -11393312			
Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Визначення економічних показників застосування утилізації теплоти повітря системи вентиляції адміністративно-складської будівлі	Літера	Арк.	Аркушів
Виконав	Черненко М.О.				Р	10	
Перевір.	Гузик Д.В.						
Н. контр.	Гузик Д.В.			<b>Висновки</b>		НУПП ім Ю.Кондратюка	
Затверд.	Голік Ю.С.						

