

Міністерство освіти і науки України  
Одеський національний технологічний університет  
Кафедра холодильних установок і кондиціонування повітря



## ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

на тему: Проект системи кондиціонування повітря  
для приміщення хореографічного мистецтва в  
м. Харків

Здобувача (ки) Таран Т.С.

4 курсу ЕНск-141 групи

Керівник к.т.н., доц. Піщанська Н.О.

Консультанти: к.т.н, проф. Піщанська Н.О.

**Кваліфікаційна робота допускається до захисту**

Рішення кафедри від 01.06.2023 протокол № 10

Завідувач кафедри НТІТ Михайло ХМЕЛЬНЮК

Одеса - 2023 рік

# ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет	Низькотемпературної техніки та інженерної механіки
Кафедра	Холодильних установок і кондиціонування повітря
Ступінь вищої освіти	Бакалавр
Спеціальність	142 Енергетичне машинобудування
Освітня програма	Холодильні машини, установки і кондиціонування повітря

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Зав. кафедри д.т.н., проф. Хмельнюк М.Г.

«17» березня 2023 року

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Таран Тимофій Сергійович

1. Тема роботи Проект системи кондиціонування повітря  
для приміщення хореографічного мистецтва в  
м. Харків

Затверджена наказом ОНТУ від 26.08.2022 р. наказ № 483-03

2. Термін здачі здобувачем закінченої роботи 01.06.2023 р.

3. Вихідні дані роботи  
Система кондиціонування повітря для приміщення хореографічного мистецтва  
в м. Харків. Двоповерхова будівля, з висотою приміщення 4,5 м. Сітка колон 9 x 6 м  
У приміщеннях передбачається комфортне кондиціонування повітря. Для  
комфортного кондиціонування +23 °С. Як холодильний агент передбачається R410A

4. Перелік питань, які потрібно розробити  
1. Вступ. 2. Тепловий розрахунок та побудова процесів літнього та зимового  
кондиціонування повітря. 3. Проектування та розрахунок вентиляційної мережі.  
4. Вибір і розрахунок припливної установки. 5. Розрахунок і вибір основного  
холодильного обладнання. 6. Економічний розрахунок. 7. Цивільний захист  
8. Охорона праці. 9. Список використаних джерел

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)  
1. План першого поверху будівлі. 2. План другого поверху будівлі.  
3. Функціональна схема центрального кондиціонера.  
4. Схема підключення ККБ і центрального кондиціонера

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи, що стосуються їх

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання видав
Охорона праці	доц. Піщанська Н.О.	17.03.2023	09.05.2023
Цивільний захист	доц. Піщанська Н.О.	17.03.2023	18.05.2023
Економічна частина	доц. Піщанська Н.О.	17.03.2023	22.05.2023

7. Дата видачі завдання 17.03.2023 р.

Керівник \_\_\_\_\_ Піщанська Н.О.

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_ Таран Т.С.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	27.03-28.03.23	Вик
2	Визначення теплового навантаження приміщень	28.03-15.04.23	Вик
3	Розрахунок вентиляції	16.04-29.04.23	Вик
4	Розрахунок повітроохолоджувача	30.04-08.05.23	Вик
5	Розрахунок компресора	09.05-13.05.23	Вик
6	Розрахунок конденсатора	14.05-16.05.23	Вик
7	Підбір обладнання	16.05-20.05.23	Вик
8	Охорона праці	21.05-22.05.23	Вик
9	Список використаної літератури	22.05-23.05.23	Вик
10	Графічна частина	24.05-29.05.23	Вик
11	Підготовка презентації та доповіді	30.06-01.06.23	вик

Здобувач-дипломник \_\_\_\_\_ Таран Тимофій Сергійович

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Піщанська Нонна Олександрівна

*Несу відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів кваліфікаційної роботи, даю згоду на обробку персональних даних та не заперечую проти розміщення кваліфікаційної роботи на офіційних web-ресурсах ОНТУ.*

*Підтверджую, що в кваліфікаційній роботі відсутні порушення норм академічної доброчесності.*

Здобувач-дипломник \_\_\_\_\_ Таран Тимофій Сергійович \_\_\_\_\_

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота складається з: 71 сторінок друкованого тексту, 9 рисунків, 20 таблиць, 9 посилань на літературні джерела.

Темою кваліфікаційної роботи був проект системи кондиціонування повітря для приміщення хореографічного мистецтва в м. Харків. Будівля знаходиться у місті Харків.

Було розраховано теплоприпливи через огорожуючі конструкції для теплого та зимового періоду року. Витрата повітря  $G=10$  кг/с. Побудовані діаграми зовнішнього і внутрішнього повітря, виконано розрахунок вологовиділень.

Було виконано аеродинамічний розрахунок припливної мережі повітроводів. Об'ємна витрата повітря  $L=30000$  м<sup>3</sup>/год. Підібрав секційно-вентиляційну установку по розрахованим даним компанії VBW BS 8.

Розраховано холодопродуктивність повітроохолоджувача. Підібрано повітроохолоджувач за розрахованими даними компанії Kelvion (DX) | СВК-502-3RE-NX28,

$Q_0 = 130$  кВт ,  $F_{\text{ПО}} = 83,8$  м<sup>2</sup> , температура повітря на вході  $T_1=27$  °С , температура на виході  $T_2=19$ °С,  $V_{\text{ПО}}=0,2$  м<sup>3</sup>/с.

Виконано тепловий розрахунок компресора,  $t_0 = 8$ °С,  $t_k = 41$ °С,  $q_0 = 172$  кДж/кг ,  $q_k = 187$  ,  $Q_0 = 180$  кВт За розрахованими даними підібрано компресор компанії Bitzer 6FE-44Y-40P.

Було розраховано конденсатор. Визначено його теплове навантаження  $Q_k = 185$  кВт , та необхідну площу теплопередавальної поверхні основної секції  $F = 74$  м<sup>2</sup>. За розрахованими даними підібрано конденсатор Kelvion RF-SA102L3H-063S100

Підібране обладнання енергоефективне, працює на нових і безпечних для озонового шару холодоагентах. Воно здатне забезпечити надійну роботу.

Ключові слова: комфортне кондиціонування, центральний кондиціонер, компресорно-конденсаторний блок, охолоджувач, зволожувач, нагрівач.

## ABSTRACT

The qualification work consists of: 71 pages of printed text, 9 figures, 20 tables, 9 references to literary sources.

The topic of the qualification work was the design of an air conditioning system for a choreographic art building in Kharkiv. The building is located in the city of Kharkiv.

Heat gains through the building envelope were calculated for the warm and winter seasons. Air flow rate  $G=10$  kg/s. Diagrams of outdoor and indoor air were drawn, and moisture emissions were calculated.

The aerodynamic calculation of the supply air network was performed. Volumetric air flow rate  $L=30000$  m<sup>3</sup>/h. Selected a sectional ventilation unit according to the calculated data of VBW BS 8.

The cooling capacity of the aftercooler is calculated. The air cooler was selected according to the calculated data of Kelvion (DX) | CBK-502-3RE-HX28,

$Q_0=130$  kW,  $F_{PO}=83.8$  m<sup>2</sup>, inlet air temperature  $T_1=27$  °C, outlet air temperature  $T_2=19$  °C,  $V_{po}=0.2$  m<sup>3</sup>/s.

Thermal calculation of the compressor was performed,  $t_0=8$  °C,  $t_k=41$  °C,  $q_0=172$  kJ/kg,  $q_k=187$ ,  $Q_0=180$  kW. According to the calculated data, a compressor from Bitzer 6FE-44Y-40P was selected.

The condenser was calculated. Its heat load was determined

$Q_k=185$  kW, and the required heat transfer surface area of the main section  $F=74$  m<sup>2</sup>. Based on the calculated data, the Kelvion RF-SA102L3H-063S100 condenser was selected.

The selected equipment is energy efficient and runs on new refrigerants that are safe for the ozone layer. It is able to provide reliable operation.

Keywords: comfortable air conditioning, central air conditioner, compressor-condenser unit, cooler, humidifier, heater.

## Вступ

Метою дипломного проєкту є розробка системи кондиціонування повітря для приміщення хореографічного мистецтва в м. Харків

## Комфортне кондиціонування

Комфортне кондиціонування повітря - це система, яка створює приємне та оптимальне середовище в приміщенні з точки зору температури, вологості та якості повітря. Її мета - забезпечити комфортну та приємну атмосферу для мешканців, мінімізуючи при цьому споживання енергії та підтримуючи екологічність.

Ось деякі особливості та фактори, які сприяють комфортному кондиціонуванню повітря:

**Контроль температури:** Система повинна бути здатна підтримувати бажаний температурний діапазон у приміщенні. Зазвичай це передбачає охолодження повітря в спекотну погоду та нагрівання в холодну. Температура повинна регулюватися відповідно до індивідуальних уподобань.

**Можливість зонування:** Комфортні системи кондиціонування повітря часто включають в себе можливість зонування, що дозволяє різним зонам або кімнатам мати незалежний контроль температури. Ця функція дозволяє мешканцям налаштовувати навколишнє середовище відповідно до своїх потреб та вподобань.

**Регулювання вологості:** Підтримка належного рівня вологості має вирішальне значення для комфорту. Ідеальна система кондиціонування контролює вологість, видаляючи надлишок вологи з повітря у вологих умовах і додаючи вологу в сухих умовах, забезпечуючи комфортне і здорове середовище в приміщенні.

					КРБ.ХУІКП.1.490-03.2.17	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		1



## Система кондиціювання

Система кондиціювання - це система, яка контролює, регулює та підтримує оптимальні параметри повітря в приміщенні, такі як температура, вологість, чистота повітря та циркуляція повітря. Основна функція систем кондиціювання полягає в тому, щоб забезпечити комфортні умови для проживання, роботи та інших діяльностей в приміщенні.

Система кондиціювання може складатися з таких компонентів, як:

1. Повітряна рукавна: це система труб, які переносять повітря з системи кондиціонування до приміщення та назад.
2. Повітроохолоджувач: це пристрій, який охолоджує повітря, забезпечуючи комфортну температуру в приміщенні.
3. Вентилятор: це пристрій, який пересуває повітря через систему кондиціювання та в приміщенні.
4. Фільтр повітря: це пристрій, який забезпечує чистоту повітря, зупиняючи пил, бактерії та інші забруднення.
5. Увлажнювач повітря: це пристрій, який додає вологу до повітря в приміщенні, забезпечуючи комфортну вологість.
6. Дифузор повітря: це пристрій, який розподіляє повітря в приміщенні, забезпечуючи рівномірну циркуляцію.
7. Термостат: це пристрій, який контролює температуру в приміщенні та регулює роботу системи кондиціювання, щоб забезпечити комфортні умови.

Системи кондиціювання можуть бути роздільними, коли компресор та інші частини системи розташовані на вулиці, а повітряний рукав в середині.

## Повітряна рукавна система труб

									Лист
									3
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

КРБ.ХУІКП.1.490-03.2.17

Повітряна рукавна система труб є важливою складовою систем кондиціонування повітря в будівлі. Вона складається з трубок, котрий переносять повітря з системи кондиціонування до приміщення та назад.

Основні елементи повітряної рукавної системи труб в системі кондиціонування включають:

1. Головний воздуховод: це головна трубка, через яку проходить повітря з системи кондиціонування до приміщення.
2. Підроздільні воздуховоди: ці трубки відходять від головного воздуховода та направляють повітря до окремих зон приміщення.
3. Регулюючі клапани: це пристрої, які регулюють потік повітря в різних частинах приміщення.
4. Регулюючі заслонки: це пристрої, які регулюють напрямок потоку повітря, дозволяючи забезпечувати комфортну температуру та вологість в різних зонах приміщення.
5. Вентиляційні отвори: це отвори в стінах та стелях приміщення, через які потрапляє повітря в приміщення з системи кондиціонування.
6. Гнучкі ділянки: це гнучкі трубки, які використовуються для з'єднання вентиляційних отворів з підроздільними воздуховодами.
7. Шумоглушники: це пристрої, які зменшують рівень шуму, що виникає при русі повітря через трубки та клапани.

Повітряна рукавна система труб повинна бути розрахована на оптимальну кількість повітряного потоку для забезпечення комфортних умов в приміщенні. Також важливо виконувати регулярне технічне обслуговування системи.

## **Повітроохолоджувач**

Повітроохолоджувач - це пристрій для охолодження повітря в приміщенні. Він працює за принципом циклу випаровування та конденсації рідини, яка циркулює в системі.

					КРБ.ХУІКП.1.490-03.2.17	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4

Коли повітря проходить через повітроохолоджувач, воно зустрічається з вологою поверхнею охолоджувального елемента, на якій конденсується вода з повітря, що зменшує його температуру. Охолоджене повітря потім відправляється назад у приміщення.

Повітроохолоджувачі можуть бути переносними або стаціонарними, залежно від їхньої конструкції та призначення. Вони широко використовуються для охолодження повітря в будинках, офісах, магазинах, складах та інших приміщеннях в літні місяці.

Робота повітроохолоджувача базується на принципі циклу випаровування та конденсації рідини, яка циркулює в системі. Загалом, повітроохолоджувач складається з наступних основних компонентів: насоса для циркуляції рідини, вентилятора для циркуляції повітря, охолоджувального елемента та контрольної системи.

Охолоджувальний елемент - це головна складова частина повітроохолоджувача. Це може бути пластиковий контейнер з водою або металева решітка, на яку розпорошується вода. Коли повітря проходить через охолоджувальний елемент, воно зустрічається з вологою поверхнею, на якій конденсується вода з повітря, що зменшує його температуру. Охолоджене повітря потім відправляється назад у приміщення.

Крім охолодження повітря, повітроохолоджувачі можуть також вологизувати повітря, що корисно в сухому кліматі або в зимовий період, коли повітря в приміщенні може бути занадто сухим. Вода в охолоджувальному елементі випаровується, додаючи вологу в повітря, і зменшуючи температуру.

Рідина, яка використовується для охолодження повітря, може бути водою або спеціальним рідким охолоджувачем. Як правило, повітроохолоджувачі з водою мають нижчу енергоефективність, але вони більш безпечні для здоров'я, оскільки не використовують хімічні речовини.

					КРБ.ХУІКП.1.490-03.2.17	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

Повітроохолоджувачі можуть бути переносними або стаціонарними. Переносні повітроохолоджувачі зазвичай менші за розміром та мають колеса або ручки для перенесення з кімнати в кімнату.

У деяких повітроохолоджувачах є різні режими роботи, що дозволяє користувачам налаштувати їх на потрібний рівень охолодження. Також багато повітроохолоджувачів мають вбудовані фільтри для очищення повітря від пилу та інших забруднень.

Існує кілька типів повітроохолоджувачів, які можуть використовуватись для охолодження повітря в приміщенні. Ось декілька основних типів повітроохолоджувачів:

#### 1. Моно-блочні повітроохолоджувачі:

Ці пристрої містять в собі все необхідне обладнання для охолодження повітря. Вони зазвичай прості в експлуатації та підходять для невеликих приміщень, таких як кімнати.

#### 2. Роздільні повітроохолоджувачі:

Ці пристрої складаються з двох основних частин: зовнішньої і внутрішньої. Зовнішня частина включає компресор та інші частини системи охолодження, тоді як внутрішня частина містить вентилятор та охолоджувальний елемент. Ці пристрої зазвичай підходять для середніх та великих приміщень, таких як офіси.

#### 3. Портативні повітроохолоджувачі:

Ці пристрої зазвичай мають колеса та можуть легко переміщуватись з одного місця в інше. Вони можуть бути моно-блочними або роздільними та зазвичай використовуються для охолодження невеликих приміщень, таких як кімнати або кабінети.

#### 4. Канальні повітроохолоджувачі:

					КРБ.ХУІКП.1.490-03.2.17	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

Ці пристрої призначені для охолодження повітря в цілому будівлі. Вони підключаються до каналізації та забезпечують рівномірне охолодження в усіх приміщеннях.

#### 5. Центральні системи кондиціонування повітря:

Ці системи зазвичай використовуються в великих будівлях, таких як офіси, магазини та інші комерці

## Вентилятор

Вентилятор є однією з головних складових систем кондиціонування повітря. Його головна функція полягає в тому, щоб забезпечити циркуляцію повітря в системі та забезпечити відповідну температуру та вологість в приміщенні.

Вентилятор зазвичай встановлюється в зовнішній блок системи кондиціонування та витягує повітря з приміщення через вентиляційну систему. Потім повітря проходить через фільтр, де воно очищується від пилу, бруду та інших забруднень.

Після очищення повітря вентилятор направляє його до охолоджувального блоку або котла, де його охолоджують або нагрівають до необхідної температури. Потім повітря направляється знову до вентилятора, який перенаправляє його знову в приміщення через вентиляційну систему.

Вентилятори можуть бути змонтовані як настінні, так і підлогові. Вони можуть бути також портативними, щоб забезпечити мобільне кондиціонування повітря в конкретній зоні.

Основні типи вентиляторів, що використовуються в системі кондиціонування повітря, включають:

					КРБ.ХУІКП.1.490-03.2.17	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

### 1. Центробежні вентилятори:

ці вентилятори використовуються для витягування повітря з приміщення та його подальшої циркуляції через систему кондиціонування. Центробежні вентилятори зазвичай мають круглу форму і складаються з крила, що обертається в корпусі. Вони зазвичай мають високий коефіцієнт продуктивності та можуть забезпечувати високу швидкість повітря, що проходить через них.

### 2. Аксиальні вентилятори:

ці вентилятори використовуються для циркуляції повітря всередині приміщення та забезпечення його рівномірного розподілу. Аксиальні вентилятори мають циліндричну форму і складаються з крила, що обертається внутрішньо в корпусі. Вони зазвичай мають менший коефіцієнт продуктивності, але можуть забезпечувати великий обсяг повітря за один раз.

### 3. Міксувальні вентилятори:

ці вентилятори використовуються для змішування повітря в системі кондиціонування та забезпечення його рівномірного розподілу. Міксувальні вентилятори мають форму вітрового колеса, що обертається всередині корпусу. Вони зазвичай мають менший коефіцієнт продуктивності, але забезпечують більш рівномірну циркуляцію повітря в приміщенні.

Вибір типу вентилятора залежить від розміру приміщення, потреби в циркуляції повітря та енергоефективності системи кондиціонування.

## **Фільтр повітря**

Фільтр повітря є важливою складовою системи кондиціонування повітря, яка забезпечує очищення повітря від пилу, бруду, алергенів та інших забруднювачів. Влаштування фільтра повітря в системі кондиціонування може

					КРБ.ХУІКП.1.490-03.2.17	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

відрізнятися в залежності від типу системи та її конструкції, але основні елементи фільтрувальної системи зазвичай однакові.

Фільтр повітря зазвичай встановлюється в каналі повітря, який забезпечує циркуляцію повітря в приміщенні. Конструкція фільтру складається з каркасу та фільтрувального матеріалу, який може бути виготовлений з паперу, тканини, волокон скла, активованого вугілля та інших матеріалів. Зазвичай фільтри виготовляються в різних розмірах та типах, щоб вони відповідали розміру каналу повітря та вимогам очищення повітря.

Забруднене повітря проходить через фільтр, який затримує частки пилу та інших забруднювачів, що містяться у повітрі. Фільтр повітря зазвичай має рейтинг фільтрації, який відображає його ефективність у затриманні різних розмірів часток. Рейтинг фільтрації зазвичай вимірюється за стандартом MERV (Minimum Efficiency Reporting Value), який рейтингує фільтри за їхньою ефективністю у затриманні часток різного розміру.

Фільтри повітря повинні періодично замінюватися або чиститися, щоб забезпечити ефективну роботу системи кондиціонування та підтримувати чистоту повітря в приміщенні.

## **Зволожувач повітря**

Зволожувач повітря в системі кондиціонування - це пристрій, який додає водяну пару до повітря, щоб підвищити вологість у приміщенні. Влаштуванняувлажнювача повітря в системі кондиціонування може відрізнятися в залежності від типу системи та її конструкції, але основні елементиувлажнювальної системи зазвичай однакові.

										Лист
										9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Зволожувач повітря зазвичай встановлюється в каналі повітря, який забезпечує циркуляцію повітря в приміщенні. Влаштування увлажнювача полягає у тому, що повітря, яке проходить через канал, проходить через вологий фільтр або матеріал, який нагнітає водяну пару до повітря. Це може бути зроблено з використанням різних технологій, таких як ультразвукова хмара, вібраційний диск або система з водою.

Зволожувач повітря має додаткові елементи управління, такі як регулятор вологості та термостат, щоб дозволити користувачеві контролювати вологість і температуру у приміщенні. Деякі моделі також мають елементи безпеки, такі як автоматичне вимикання, якщо вода закінчується або якщо рівень вологості стає надто високим.

Зволожувач повітря повинен періодично очищуватися або дезінфікуватися, щоб запобігти розвитку бактерій та інших мікроорганізмів. Зазвичай це робиться з використанням спеціальних засобів для чищення та дезінфекції, які доступні в спеціалізованих магазинах. Важливо також слідкувати за рівнем води.

## Дифузор повітря

Дифузор повітря в системі кондиціонування — це пристрій, який використовується для розподілу охолодженого або обігрітого повітря в приміщенні. Дифузор зазвичай встановлюється на кінці вентиляційної системи і складається з рябів, регульованих заслінок, а також вентилятора, який розподіляє повітря по приміщенню.

Рябів дифузора може бути різного типу, наприклад, ламельні, з горизонтальними або вертикальними рядами, або круглі, зі спеціальною конструкцією вентиляних дисків. Регулювання заслінок дозволяє змінювати напрямок руху повітря, його швидкість та кількість, що виходить з дифузора. В

					КРБ.ХУІКП.1.490-03.2.17	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

результаті можна забезпечити потрібну мікрокліматичну зону в кожному кутку приміщення.

Дифузори можуть мати різні розміри, форми та конструкції, залежно від обсягу приміщення та характеристик кондиціонера. Для забезпечення максимальної ефективності роботи дифузора, його розташування і кут нахилу можуть бути налаштовані згідно з індивідуальними потребами приміщення.

## Термостат

Термостат в системі кондиціонування - це пристрій, який вимірює температуру повітря в приміщенні та автоматично регулює роботу кондиціонера, щоб забезпечити потрібний рівень комфорту.

Термостат складається з датчика температури та пульта управління. Датчик температури зазвичай розташований в найбільш відкритій зоні приміщення, щоб забезпечити точне вимірювання температури. Якщо температура перевищує встановлене значення, термостат активує кондиціонер, а коли температура знижується до заданого рівня, кондиціонер вимикається.

Деякі сучасні термостати мають додаткові функції, такі як програмування часу роботи кондиціонера, налаштування режимів роботи (охолодження, обігрів, вентиляція тощо), а також можуть бути підключені до інтернету, що дозволяє дистанційно керувати роботою кондиціонера через мобільний додаток або веб-сайт.

Термостат в системі кондиціонування дозволяє ефективно керувати роботою кондиціонера, забезпечуючи комфортну температуру в приміщенні та знижуючи енергоспоживання.

					КРБ.ХУІКП.1.490-03.2.17	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

# 1. Основні вихідні дані

## 1.1 Характеристика будівельних конструкцій

Будівля знаходиться у місті Харків. Воно має 2 поверхи по 4,5 метра кожен.  
Сітка колон – 9х6 м.

Ширина будівлі - 18 м; довжина – 90 м.

Температура зовнішнього повітря:

в теплий період року: 29,4°C

в холодний період року: –23°C

Питома ентальпія:

в теплий період року: 56,1 кДж/кг

в холодний період року: -22,2 кДж/кг

Температура внутрішнього повітря: 23°C

Відносна вологість: 70%

Матеріал і товщина ізоляції:

### 1. Підлога:

Матеріал – цегла;

Товщина матеріала – 30 мм;

Ізоляція – пінополіуретан;

Товщина ізоляції – 60 мм.

### 2. Стеля:

Матеріал – цегла;

Товщина матеріала – 30 мм;

Ізоляція – пінополіуретан;

					КРБ.ХУІКП.1.490-03.2.17	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

3. Стіни:

Матеріал – цегла;

Товщина матеріала – 30 мм;

Ізоляція – пінополіуретан;

Товщина ізоляції – 60 мм.

					КРБ.ХУІКП.1.490-03.2.17	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

## 2. Визначення теплоприпливів через огорожуючі конструкції

### 2.2 Визначення теплоприпливів через огорожуючі конструкції

Розрахунок теплоприпливів через зовнішні масивні огороження.

Теплоприпливи через покрівлю визначають за формолою:

$$Q_{кр} = k_1 \cdot k_{кр} \cdot F_{кр} \cdot \theta_{кр}, \text{ Вт, де}$$

$k_1$  – коефіцієнт, що враховує конструктивні особливості покрівлі, приймається: для двосхилої покрівлі (без вентиляції горища – 1, з гарною вентиляцією горища – 0,75), для плоскої покрівлі (білого кольору – 1, інших кольорів – 1,5);

$k_{кр}$  – коефіцієнт теплопровідності покрівлі, [Вт/(м<sup>2</sup>·К)];

$F_{кр}$  – площа горизонтальної проекції покрівлі, [м<sup>2</sup>];

$\theta_{кр}$  – умовний температурний напір між зовнішнім повітрям і повітрям у приміщенні.  $\theta_{кр} = f(t_3, t_3 - t_{в}, \Delta t_c, m.огр.)$ ; є складною функцією і визначається за таблицями в залежності від основних величин таблиця 1 [11].

$$Q_{кр} = k_1 \cdot k_{кр} \cdot F_{кр} \cdot \theta_{кр} = 1 \cdot 0,05 \cdot 1620 \cdot 34 = 2\,754 \text{ Вт} \approx 2,8 \text{ кВт}$$

	Приміщення	
	№ 1	№ 2
Коефіцієнт теплопередачі для покрівлі, Вт/м <sup>2</sup> ·К	-	0,05
Коефіцієнт, який характеризує конструкцію	-	1

Площа покрівлі, м <sup>2</sup>	-	1620
Умовний температурний тиск, $\theta_{\text{ед}}$	-	34
Теплової потік крізь покрівлі, Вт	-	2 754

Теплоприпливи через зовнішні огородження визначаємо за формулою:

$$Q_{\text{н.с}} = k_{\text{ст}} \cdot a \cdot (F_c + 0,5 \cdot F_3) \cdot \theta_{\text{ст}}, \text{ Вт},$$

де,

$k_{\text{ст}}$ – коефіцієнт теплопередачі зовнішньої стіни, [Вт/(м<sup>2</sup>·К)];

$a = 0,7 \dots 0,9$ –коефіцієнт, що враховує затінення верхнього поверху стіни виступаючою покрівлею;

$F_c$  – площа зовнішніх стін, освітлюваних сонцем, крім північної, [м<sup>2</sup>];

$F_3$  – площа затінених стін, включаючи північну, [м<sup>2</sup>];

$\theta_{\text{ст}}$  – умовний температурний напір через стіну між зовнішнім повітрям і повітрям у приміщенні.  $\theta_{\text{ст}} = f(t_{\text{н}}, t_{\text{н}}-t_{\text{в}}, \Delta t_{\text{с}}, \text{м.огр.}, \text{колір.стін.})$ , визначається по таблиці 2 [11].

$$\begin{aligned} Q_{\text{н.с}(1)} &= k_{\text{ст}} \cdot a \cdot (F_c + 0,5 \cdot F_3) \cdot \theta_{\text{ст}} \\ &= 0,81 \cdot 0,75 \cdot ((61 + 345) + 0,5 \cdot 406) \cdot 11 = 4\,069 \text{ Вт} \\ &\approx 4 \text{ кВт} \end{aligned}$$



$\Delta t$  – приймають від 3 до 10 °С.

Теплоприпливи  $Q_B$  розраховують у тих випадках, коли різниця температур складає більше 5 °С.

Теплоприпливи через підлогу, що лежить на ґрунті або розташована над прохолодним підвалом, приймають рівними нулеві.

$$Q_{B(1)} = k_{B\cdot CT} \cdot F_{B\cdot CT} \cdot (t_{CM.П} - t_{П}) = 0,44 \cdot 243 \cdot (26,5 - 0) = 2\,833 \text{ Вт}$$

$$\approx 2,8 \text{ кВт}$$

$$Q_{B(2)} = k_{B\cdot CT} \cdot F_{B\cdot CT} \cdot (t_{CM.П} - t_{П}) = 0,44 \cdot 243 \cdot (26,5 - 0) = 2\,833 \text{ Вт}$$

$$\approx 2,8 \text{ кВт}$$

$$t_{CM.П} = 0,5 \cdot (t_H + t_B) = 0,5 \cdot (30 + 23) = 26,5 \text{ °С}$$

	Приміщення	
	№ 1	№ 2
Коефіцієнт теплопередачі , Вт/м <sup>2</sup> ·К	0,44	0,44
Тепловий потік через внутрішні огороження ,Вт	2 833	2 833

Надходження теплоти через заклені поверхні за рахунок сонячної радіації і теплопередачі:

Теплоприпливи від сонячної радіації розраховують при температурі зовнішнього повітря більше 10 °С.











Розрахунок теплоприпливів від штучного освітлення визначають за формулою:

$$Q_{\text{осв}} = \beta_{\text{осв}} \cdot \Phi_{\text{осв}} \cdot F_{\text{п}}, \text{ Вт},$$

де  $F_{\text{п}}$  – площа підлоги приміщення,  $[\text{м}^2]$ ;

$\Phi_{\text{осв}}$  – питома теплота від освітлення,  $\Phi_{\text{осв}} = 12 \dots 20 \text{ Вт/м}^2$ ;

$\beta$  – коефіцієнт, що враховує частку теплоти, яка передається у вищерозташоване приміщення, приймають:

1) для люстр  $\beta = 1$ ;

2) для світильників, розташованих на стелі,  $\beta = 0,4 \dots 0,6$ .

$$Q_{\text{осв}} = \beta_{\text{осв}} \cdot \Phi_{\text{осв}} \cdot F_{\text{п}} = 0,5 \cdot 12 \cdot 1620 = 9720 \text{ Вт} \approx 9,7 \text{ кВт}$$

Розрахунок загальних теплоприпливів у приміщенні

$$Q_{\text{общ}} = Q_{\text{огр}} + Q_{\text{інф}} + Q_{\text{л}} + Q_{\text{осв}} + Q_{\text{обор}} + Q_{\text{бак}} \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{общ}} = 20,7 + 2 + 4 + 9,7 + 2,8 + 8,2 = 47,4 \text{ кВт}$$

## Розрахунок вологовиділень

$$W = W_{\text{л}} + W_{\text{вол}} + W_{\text{інф}} \text{ рід кг/с, де}$$

Вологовиділення від людей.

Вологовиділення від людей визначають за формулою:

$$W_{\text{л}} = n \cdot w_{\text{л}}, \frac{\text{кг}}{\text{с}},$$

де

$w_{\text{л}}$  – питома вологовиділення, що залежать від температури приміщення,  $[\text{кг/с}]$ ;

									Лист
									23
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

n- кількість людей.

$$W_{\text{л}} = n \cdot w_{\text{л}} = 14 \cdot 0,00002 = 0,00028 \text{ кг/с}$$

	Приміщення
	№ 1
Кількість людей	14
Питоме вологонадходження від 1 людини, кг/с	0.00002
Вологовиділення від людей, кг//с	3,1944e-5

Вологонадходження від вологого прибирання.

Вологовиділення з поверхні відкритої води, вологої або мокрої підлоги визначають за рівнянням:

$$W_{\text{вол}} = \sigma \cdot F \cdot (d''_{\text{в}} - d_{\text{в}}), \text{ кг/с}$$

де

$\sigma = \alpha_{\text{в}} / C_{\text{р}}$ , - співвідношення Л'юїса;  $\sigma = \alpha_{\text{в}} / C_{\text{р}} = 0,0068 / 1 = 0,0068$

$C_{\text{р}}$  - теплоємність вологого повітря, [кДж/(кг·К)];

$\alpha_{\text{в}}$  - коефіцієнт тепловіддачі, [Вт/(м<sup>2</sup>К)];

F- площа відкритої поверхні води, [м<sup>2</sup>];

$d''_{\text{в}}$  – вологовміст насиченого повітря в приміщенні, [кг/кг];

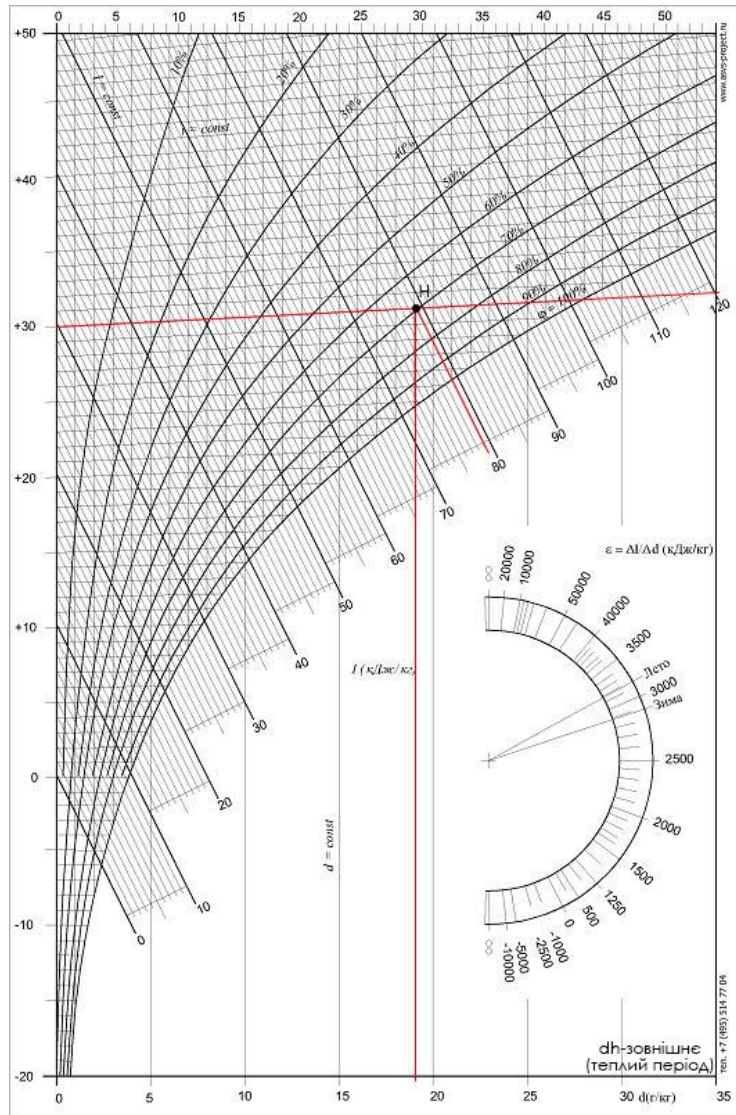
$d_{\text{в}}$  – вологовміст повітря в приміщенні, [кг/кг];

$$W_{\text{вол}} = \sigma \cdot F \cdot (d''_{\text{в}} - d_{\text{в}}) = 0,0068 \cdot 1620 \cdot (18 \cdot 10^{-3} - 13 \cdot 10^{-3}) = 0,055 \text{ кг/с}$$

									Лист
									24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

КРБ.ХУІКП.1.490-03.2.17





Загальне вологовиділення.

$$W_{\text{общ}} = W_{\text{л}} + W_{\text{вол}} + W_{\text{инф}} = 0,00028 + 0,055 + 1,2 \cdot 10^{-8} = 0,06 \text{ кг/с}$$

Визначення схованого теплоприпливу

Схований теплоприплив від вологої або мокрої підлоги

$$Q_{\text{скр}} = W \cdot r, \text{ Вт}$$

де  $W$  - вологовиділення від вологої підлоги кг/с,

$r = (r_0 - 2,3 \cdot t_w)$ - схована теплота пароутворення

$$Q_{\text{скр}} = W \cdot r = (8,16 \cdot 10^{-3}) \cdot 2347 = 19,15 \text{ кВт}$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	КРБ.ХУІКП.1.490-03.2.17	Лист
						26

Звідна таблиця розрахункових тепло- і вологовиділень для всіх приміщень в теплий період року приведена нижче .

**Схований теплоприплив в приміщеннях**

	Приміщення	
	№ 1	№ 2
Схований тепло приплив, кВт	3,19	3,19

Явний теплоприплив в приміщеннях

$$Q_{явн} = Q_{общ} - Q_{схов} = 47,4 - 19,15 = 28,25 \text{ кВт}$$

Звідна таблиця розрахункових тепло- і вологовиділень для всіх приміщень (теплий період року)

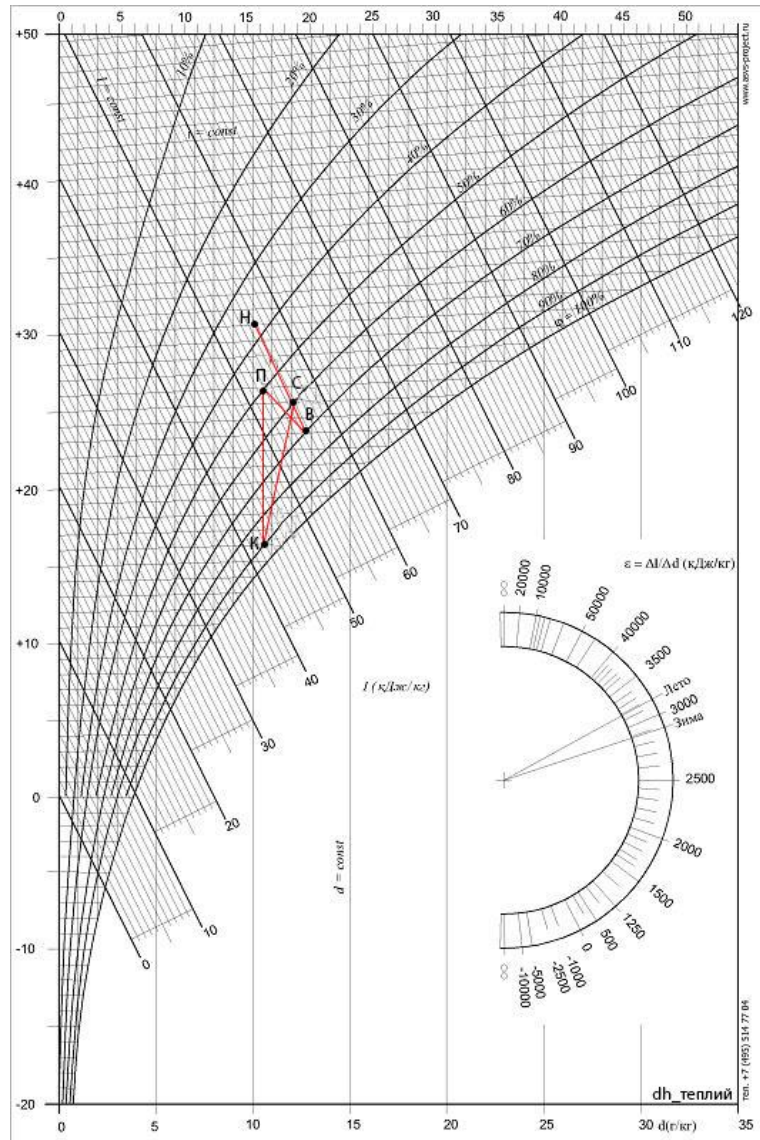
	Приміщення	
	№ 1	№ 2
Повні тепло припливи ,кВт	47,4	47,4
Скриті тепло припливи, кВт	19,15	19,15
Явні тепло припливи, кВт	28,25	28,25
Повні волого- виділення, кг/с	0,009	0,009

**Визначення витрати повітря систем кондиціювання повітря**

					КРБ.ХУІКП.1.490-03.2.17	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

Для визначення витрати повітря системи кондиціонування повітря тепловологісної характеристики і будуюмо в d,h- діаграмі процесів кондиціонування повітря для теплого періоду року.

$$\varepsilon = \frac{Q_{\text{общ}}}{W_{\text{общ}}} = \frac{47,4}{0,06} = 790 \text{ (1756)}$$



Для розрахунку продуктивності систем кондиціонування повітря величина  $G_{\text{п}}$  приймається максимальною з розрахованих за різними балансами:

- за надлишками загальної теплоти в теплий період:

$$G_1 = \frac{Q_{\text{об}}}{(h_{\text{в}} - h_{\text{н}})}, \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

- за надлишками явної теплоти в теплий період:

$$G_2 = \frac{Q_{\text{явн}}}{(t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \cdot C_{\text{вв}}}, \frac{\text{кГ}}{\text{с}},$$

- за вологовиділеннями:

$$G_3 = \frac{W_{\text{об}}}{(d_{\text{в}} - d_{\text{н}})}, \frac{\text{кГ}}{\text{с}},$$

де

$Q_{\text{общ}}, Q_{\text{явн}}$  - повні і явні надлишки тепла в теплий період, кВт;

$t_{\text{в}}, h_{\text{в}}, d_{\text{в}}$  - температура, ентальпія і вологовміст у приміщенні, відповідно, [°C], [кДж/кг], [кг/кг];

$t_{\text{п}}, h_{\text{п}}, d_{\text{п}}$  - те ж припливного повітря;

$W$  - надходження вологи в приміщення, кг/с;

$$G_1 = \frac{Q_{\text{общ}}}{(h_{\text{в}} - h_{\text{н}})} = \frac{47,4}{(55 - 53)} = 23,7 \frac{\text{кГ}}{\text{с}}$$

$$G_2 = \frac{Q_{\text{явн}}}{(t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \cdot C_{\text{вв}}} = \frac{28,25}{(23 - 26) \cdot (5e - 5)} = -1,096 \frac{\text{кГ}}{\text{с}}$$

$$G_3 = \frac{W_{\text{общ}}}{(d_{\text{в}} - d_{\text{н}})} = \frac{0,06}{13 \cdot 10^{-3} - 11 \cdot 10^{-3}} = 30 \frac{\text{кГ}}{\text{с}}$$

За максимальним значенням витрати припливного повітря визначаємо корисну продуктивність кондиціонера за формулою:

$$L_{\text{кд}} = \frac{3600 \cdot G_{\text{max}}}{\rho_{\text{в}}}, \text{ м}^3/\text{ГОД}$$

де  $G_{\text{max}}$  - максимальна витрата повітря, кг/с

$$G_{\text{max}} = G_1 + G_2 + G_3 = 23,7 + (-1,096) + 30 = 52,6 \text{ кг/с}$$

$\rho_{\text{в}} = 1,2 \text{ кг/м}^3$  - густина повітря

$$L_{\text{кд}} = \frac{3600 \cdot G}{\rho_{\text{в}}} = \frac{3600 \cdot 10}{1,2} = 30\,000 \frac{\text{м}^3}{\text{ГОД}}$$

Продуктивність систем кондиціонування повітря обумовлюється необхідною кількістю повітря, яка подається в приміщення для асиміляції шкідливостей і забезпечення заданих параметрів повітря в робочій зоні

											Лист
											29
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							

$$G=k \cdot \Sigma G_{\max}, \text{ кг/с}$$

де  $G$  – продуктивність системи кондиціонування повітря, [кг/год];

$\Sigma G_{\max}$  – кількість припливного повітря в окреме приміщення, [кг/год];

$k = 1,03$  - коефіцієнт запасу;

$$G=k \cdot \Sigma G = 1,03 \cdot 10 = 10,3, \text{ кг/с.}$$

Після вибору кондиціонера остаточно розраховуємо масову витрату припливного повітря:

$$G_{\text{КД}} = G_3 = 10 \text{ кг/с}$$

За значеннями масової витрати надалі виконуються розрахунки тепломасообмінних апаратів [9].

### **Розрахунок теплоприпливів для холодного періоду року**

Враховуємо, що для холодного періоду року :

$$G_{\text{КД}}^x = G_{\text{КД}}^T = 10 \text{ кг/с}$$

Для холодного періоду року перераховуємо тільки теплоприпливи через зовнішні масивні огороження.

Розрахункові параметри мікроклімату в холодний період року для м. Харків:

$$t_{\text{зовн.}} = -23^{\circ}\text{C}, h_{\text{зовн.}} = -22,2 \text{ кДж/кг}$$

Тепловтрати через зовнішні огороження(стіни)

$$Q_{\text{ст.}} = k_{\text{ст.}} \cdot F_{\text{ст.}} \cdot \Delta t, \text{ Вт}$$

де  $k_{\text{ст.}}$  – коефіцієнт теплопередачі зовнішньої стіни, приймається з теплового періоду,  $k_{\text{ст.}} = 0,567 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ;

$F_{\text{ст.}}$  – площа зовнішньої стіни,  $\text{м}^2$ ;

$$Q_{\text{ст. (1)}} = k_{\text{ст.}} \cdot F_{\text{ст.}} \cdot \Delta t = 0,567 \cdot 405 \cdot (-46) = -10\,563 \text{ Вт}$$

									Лист
									30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

$$Q_{ст. (2)} = k_{ст} \cdot F_{ст} \cdot \Delta t = 0,567 \cdot 81 \cdot (-46) = -2113 \text{ Вт}$$

$$Q_{ст. (3)} = k_{ст} \cdot F_{ст} \cdot \Delta t = 0,567 \cdot 405 \cdot (-46) = -10\,563 \text{ Вт}$$

$$Q_{ст. (4)} = k_{ст} \cdot F_{ст} \cdot \Delta t = 0,567 \cdot 81 \cdot (-46) = -2113 \text{ Вт}$$

$$Q_{ст.} = -25\,352 \text{ Вт}$$

$\Delta t$  – різниця між температурою повітря в приміщенні та зовнішньою температурою

$$\Delta t = t_{зовн.} - t_{вн.} = -23 - 23 = -46, \text{ } ^\circ\text{C}$$

	Приміщення	
	№ 1	№ 2
Коефіцієнт теплопередачі для стін, Вт/м <sup>2</sup> ·К	0,567	0,567
Площа стін, м <sup>2</sup>	972	972
Тепловтрати крізь зовнішні стіни, Вт	-25 352	-25 352

### Теплоприпливи через покрівлю

$$Q_{покр.} = k_{покр} \cdot F_{покр} \cdot \Delta t, \text{ Вт}$$

де  $k_{покр.}$  – коефіцієнт теплопередачі покрівлі, приймається з теплого періоду,  $k_{покр.} = 0,231 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ;

$F_{ст}$  – площа проекції покрівлі, м<sup>2</sup>;

$\Delta t$  – різниця між температурою повітря в приміщенні та зовнішньою температурою

$$Q_{покр.} = k_{покр} \cdot F_{покр} \cdot \Delta t = 0,231 \cdot 1620 \cdot 46 = 17\,214 \text{ Вт}$$

$$\Delta t = t_{\text{вн.}} - t_{\text{зовн.}} = 23 - (-23) = 46, \text{ } ^\circ\text{C}.$$

	Приміщення	
	№ 1	№ 2
Коефіцієнт теплопередачі для покрівлі, Вт/м <sup>2</sup> ·К	0,231	0,231
Площа покрівлі, м <sup>2</sup>	1620	1620
Тепловтрати крізь покрівлю, Вт	17 214	17 214

### Тепловтрати через внутрішнє огороження

$$Q_{\text{вн. огор.}} = k_{\text{вн. огор.}} \cdot F_{\text{вн. огор.}} \cdot \Delta t, \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{вн. огор.}} = k_{\text{вн. огор.}} \cdot F_{\text{вн. огор.}} \cdot \Delta t = 2,58 \cdot 243 \cdot 13 = 8150 \text{ Вт}$$

де  $k_{\text{вн. огор.}}$  – коефіцієнт теплопередачі внутрішнього огороження, приймається з теплового періоду,  $k_{\text{ст}} = 2,58 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ;

$F_{\text{вн. огор.}}$  – площа внутрішнього огороження, м<sup>2</sup>;

$\Delta t$  – різниця між температурою повітря в приміщенні та зовнішньою температурою

$$\Delta t = t_{\text{вн.}} - t_{\text{вн. огор.}}, \text{ } ^\circ\text{C},$$

де  $t_{\text{вн. огор.}}$  – температура внутрішнього огороження,  $^\circ\text{C}$

$$t_{\text{вн. огор.}} = t'_{\text{вн. роси}} + 2 \text{ } ^\circ\text{C}, \text{ } ^\circ\text{C},$$

$t'_{\text{вн. роси}}$  – температура точки роси повітря в приміщенні,  $^\circ\text{C}$ .

$$F_{\text{вн. огор.}} = 243 \text{ м}^2$$

$$t_{\text{вн. огор.}} = t'_{\text{вн. роси}} + 2 \text{ } ^\circ\text{C} = 8 + 2 \text{ } ^\circ\text{C} = 10 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = t_{\text{вн.}} - t_{\text{вн. огор.}} = 23 - 10 = 13 \text{ } ^\circ\text{C}$$

										Лист
										32
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						



Температура внутрішнього повітря	23	23
Тепловий потік крізь вікна	-4 416	-4 416

### Тепловтрати через інфільтрацію

Розрахункова формула

$$Q_{инф} = G_{инф} \cdot (h_n - h_e) = (G_{ок} + G_{дв}) \cdot (h_n - h_e) = ((n \cdot q_{дв}) + (c \cdot F_{ок} \cdot W_e)) \cdot (h_n - h_e) \text{ [кВт]}$$

$$\begin{aligned} Q_{инф} &= G_{инф} \cdot (h_n - h_e) = ((n \cdot q_{дв}) + (c \cdot F_{ок} \cdot W_e)) \cdot (h_n - h_e) \\ &= ((0,002 \cdot 0,006) + (0,72 \cdot 80 \cdot 0)) \cdot (-22,2 - 55) \\ &= -0,00092 \text{ Вт} \end{aligned}$$

$G_{ок}$  – масова витрата інфільтраційного повітря, [кг/с]

$G_{дв}$  – масова витрата інфільтраційного повітря, [кг/с]

$n$  – кількість людей, які проходять в одну секунду

$q_{дв}$  – кількість повітря, який проникає у приміщення крізь двері з однею людиною, [кг/чел]. Довідкова величина.

$c$  – коефіцієнт, який враховує структуру вікон. Довідкова величина.

$F_{ок}$  – площа вікон, [м<sup>2</sup>]

$W_e$  – розрахункова сила вітру [м/с].  $W_e = 0$

$h_n$  – ентальпія зовнішнього повітря [кДж/кг].

$h_e$  – ентальпія внутрішнього повітря [кДж/кг].

В приміщенні встановлені створчаті двері.

										Лист
										34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	КРБ.ХУІКП.1.490-03.2.17					

	Приміщення	
	№ 1	№ 2
Кількість людей, які проходять в 1 секунду	0,002	0,002
Кількість повітря, яке надходить крізь двері	0,006	0,006
Теплової потік за рахунок інфільтрації	-0,00092	-0,00092

### Тепловтрати через зовнішні масивні огороження

$$Q_{\text{зовн. огор.}} = Q_{\text{ст}} + Q_{\text{покр}} + Q_{\text{вн. огор}} + Q_{\text{заскл. пов.}} + Q_{\text{інф}}, \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{зовн. огор.}} = Q_{\text{ст}} + Q_{\text{покр}} + Q_{\text{вн. огор}} + Q_{\text{заскл. пов.}} + Q_{\text{інф}} = -25\,352 + 17\,214 + 8150 + (-4\,416) + (-0,00092) = -4\,404 \text{ Вт}$$

де  $Q_{\text{ст}}$  – тепловтрати через зовнішні огороження (стіни), Вт,

$Q_{\text{покр}}$  – тепловтрати через покрівлю, Вт,

$Q_{\text{вн. огор}}$  – тепловтрати через внутрішні огороження, Вт,

$Q_{\text{заскл. пов.}}$  – тепловтрати через зашклені поверхні, Вт.

$Q_{\text{інф}}$  – тепловтрати від інфільтрації Вт.

### Загальні тепло- і вологовиділення в приміщенні в холодний період року

Враховуючи, що в холодний період року приміщення опалюються, компенсація теплоприпливів через зовнішні масивні огороження за рахунок опалення складає 40-50 %.

$$Q_{\text{общ.}} = (0,5) \cdot Q_{\text{зовн. огор.}} + Q_{\text{осв.}} + Q_{\text{об.}} + Q_{\text{люд.}} = (0,5) \cdot (-4404) + 9720 + 2800 + 4000 = 14\,318, \text{ Вт}$$

Вологовиділення в приміщенні для холодного періоду року залишаються такими ж, як і для теплого періоду року, крім волого виділення від інфільтрації

*Волого виділення від інфільтрації*

Розрахункова формула

$$W_{\text{инф}} = G_{\text{инф}} \cdot (d_n - d_e) [\text{кг/с}]$$

$$W_{\text{инф}} = G_{\text{инф}} \cdot (d_n - d_e) = 0,000012 \cdot (1 \cdot 10^{-3} - 13 \cdot 10^{-3}) = -1,44 \cdot 10^{-7} [\text{кг/с}]$$

$G_{\text{инф}}$  – масова витрата повітря, яке надходить у приміщення крізь щілини [кг/с]

$d_n$  – вологозміст зовнішнього повітря, [кг/кг с.в]

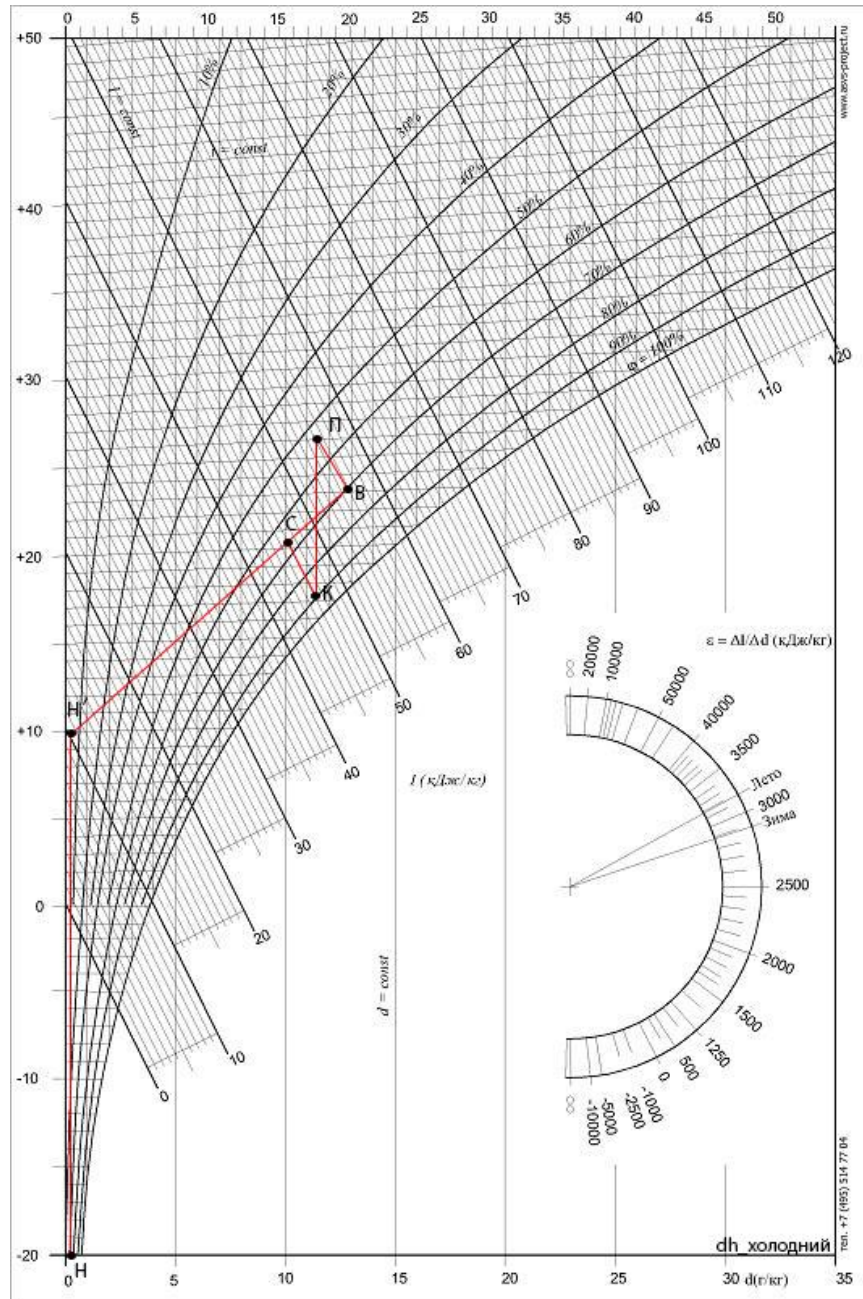
$d_e$  – вологозміст внутрішнього повітря, [кг/кг с.в]

$$W_{\text{общ}} = W_{\text{л}} + W_{\text{вол}} + W_{\text{инф}} = 0,0005 + 0,055 + (-1,44 \cdot 10^{-7}) = 0,055 \text{ кг/с}$$

Визначаємо тепловологісну характеристику процесу для холодного періоду року

$$\varepsilon_{\text{пр.}} = Q_{\text{общ.}} / W_{\text{общ.}} = 14,3 / 0,055 = 260 \text{ кДж/кг.}$$

					КРБ.ХУІКП.1.490-03.2.17	Лист
						36
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Визначаємо параметри припливного повітря в холодний період року враховуючи, що витрата повітря для холодного періоду року рівна витраті повітря для теплого періоду року для побудови процесів в d,h – діаграмі визначаємо параметри припливного повітря, наприклад, з балансу повної теплоти,  $h_n$ , кДж/кг:

$$h_d = h_B - \frac{Q_{\text{заг}}^x}{G_{\text{П}}^x} = 55 - \frac{14,3}{10} = 53,57 \text{ кДж/кг}$$

де

$h_B$  - ентальпія повітря в приміщенні кДж/кг,

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	КРБ.ХУІКП.1.490-03.2.17				
					37				

$Q_{заг}^x$  - загальні тепло припливи (тепловтрати) для холодного періоду року,  
кВт;

$G_{п}^T$  - витрата повітря для теплого періоду року, кг/с;

Будуємо процес в приміщенні за допомогою тепловологісної характеристики та параметру припливного повітря. Далі будуємо компенсуючі процеси для холодного періоду року та визначаємо навантаження на апарати СКП [9].

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.17	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38



$$L_{\text{діл}} \cdot 12 = 15000 - 12 \cdot \frac{15000}{12} = 0 \text{ м}^3 / \text{год.}$$

Задаємося швидкістю повітря  $v=6 \text{ м/с}$

Знаходимо діаметр повітряпровода:

$$d = (L / (3600 \cdot 0,785 \cdot v))^{0,5}$$

$$d_1 = \left( \frac{L}{3600 \cdot 0,785 \cdot v} \right)^{0,5} = \left( \frac{13\,750}{3600 \cdot 0,785 \cdot 6} \right)^{0,5} = 0,9 \text{ м}$$

Приймаємо повітряповод діаметром:  $d=0,9 \text{ м}$

$$d_2 = \left( \frac{L}{3600 \cdot 0,785 \cdot v} \right)^{0,5} = \left( \frac{12\,500}{3600 \cdot 0,785 \cdot 6} \right)^{0,5} = 0,85 \text{ м}$$

Приймаємо повітряповод діаметром:  $d=0,85 \text{ м}$

$$d_3 = \left( \frac{L}{3600 \cdot 0,785 \cdot v} \right)^{0,5} = \left( \frac{11\,250}{3600 \cdot 0,785 \cdot 6} \right)^{0,5} = 0,81 \text{ м}$$

Приймаємо повітряповод діаметром:  $d=0,85 \text{ м}$

$$d_4 = \left( \frac{L}{3600 \cdot 0,785 \cdot v} \right)^{0,5} = \left( \frac{10\,000}{3600 \cdot 0,785 \cdot 6} \right)^{0,5} = 0,77 \text{ м}$$

Приймаємо повітряповод діаметром:  $d=0,8 \text{ м}$

$$d_5 = \left( \frac{L}{3600 \cdot 0,785 \cdot v} \right)^{0,5} = \left( \frac{8\,750}{3600 \cdot 0,785 \cdot 6} \right)^{0,5} = 0,72 \text{ м}$$

Приймаємо повітряповод діаметром:  $d=0,75 \text{ м}$

$$d_6 = \left( \frac{L}{3600 \cdot 0,785 \cdot v} \right)^{0,5} = \left( \frac{7\,500}{3600 \cdot 0,785 \cdot 6} \right)^{0,5} = 0,66 \text{ м}$$

Приймаємо повітряповод діаметром:  $d=0,7 \text{ м}$

$$d_7 = \left( \frac{L}{3600 \cdot 0,785 \cdot v} \right)^{0,5} = \left( \frac{6\,250}{3600 \cdot 0,785 \cdot 6} \right)^{0,5} = 0,6 \text{ м}$$

										Лист
										40
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Приймаємо повітряповод діаметром:  $d=0,6$  м

$$d_8 = \left( \frac{L}{3600 \cdot 0,785 \cdot v} \right)^{0,5} = \left( \frac{5\,000}{3600 \cdot 0,785 \cdot 6} \right)^{0,5} = 0,54 \text{ м}$$

Приймаємо повітряповод діаметром:  $d=0,55$  м

$$d_9 = \left( \frac{L}{3600 \cdot 0,785 \cdot v} \right)^{0,5} = \left( \frac{3\,750}{3600 \cdot 0,785 \cdot 6} \right)^{0,5} = 0,47 \text{ м}$$

Приймаємо повітряповод діаметром:  $d=0,5$  м

$$d_{10} = \left( \frac{L}{3600 \cdot 0,785 \cdot v} \right)^{0,5} = \left( \frac{2\,500}{3600 \cdot 0,785 \cdot 6} \right)^{0,5} = 0,38 \text{ м}$$

Приймаємо повітряповод діаметром:  $d=0,4$  м

$$d_{11} = \left( \frac{L}{3600 \cdot 0,785 \cdot v} \right)^{0,5} = \left( \frac{1\,250}{3600 \cdot 0,785 \cdot 6} \right)^{0,5} = 0,27 \text{ м}$$

Приймаємо повітряповод діаметром:  $d=0,3$  м

$$d_{12} = \left( \frac{L}{3600 \cdot 0,785 \cdot v} \right)^{0,5} = 0$$

Знайдемо площу перерізу:

$$F_1 = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,9^2}{4} = 0,635 \text{ м}^2$$

$$F_2 = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,85^2}{4} = 0,567 \text{ м}^2$$

$$F_3 = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,85^2}{4} = 0,567 \text{ м}^2$$

$$F_4 = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,8^2}{4} = 0,502 \text{ м}^2$$

$$F_5 = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,75^2}{4} = 0,441 \text{ м}^2$$

$$F_6 = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,7^2}{4} = 0,384 \text{ м}^2$$

$$F_7 = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,6^2}{4} = 0,282 \text{ м}^2$$

$$F_8 = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,55^2}{4} = 0,237 \text{ м}^2$$

$$F_9 = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,5^2}{4} = 0,196 \text{ м}^2$$

$$F_{10} = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,4^2}{4} = 0,125 \text{ м}^2$$

$$F_{11} = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,3^2}{4} = 0,07 \text{ м}^2$$

$$F_{12} = \frac{\pi d^2}{4} = 0 \text{ м}^2$$

Уточнюємо швидкість у повітряпровод:

$$V_{\text{в.факт.1}} = \frac{L}{F \cdot 3600} = \frac{13\ 750}{0,635 \cdot 3600} = 6,014 \text{ м/с}$$

$$V_{\text{в.факт.2}} = \frac{L}{F \cdot 3600} = \frac{12\ 500}{0,567 \cdot 3600} = 6,123 \text{ м/с}$$

$$V_{\text{в.факт.3}} = \frac{L}{F \cdot 3600} = \frac{11\ 250}{0,567 \cdot 3600} = 6,123 \text{ м/с}$$

$$V_{\text{в.факт.4}} = \frac{L}{F \cdot 3600} = \frac{10\ 000}{0,502 \cdot 3600} = 5,533 \text{ м/с}$$

$$V_{\text{в.факт.5}} = \frac{L}{F \cdot 3600} = \frac{8\ 750}{0,441 \cdot 3600} = 5,511 \text{ м/с}$$

$$V_{\text{в.факт.6}} = \frac{L}{F \cdot 3600} = \frac{7\ 500}{0,384 \cdot 3600} = 5,425 \text{ м/с}$$

$$V_{\text{в.факт.7}} = \frac{L}{F \cdot 3600} = \frac{6\ 250}{0,282 \cdot 3600} = 6,156 \text{ м/с}$$

										Лист
										42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	КРБ.ХУІКП.1.490-03.2.17					



$$Re_9 = \frac{V_{в.факт.9} \cdot d_{екв}}{\nu} = \frac{5,314 \cdot 0,5}{0,0000156} = 170\,320$$

$$Re_{10} = \frac{V_{в.факт.10} \cdot d_{екв}}{\nu} = \frac{5,5 \cdot 0,4}{0,0000156} = 141\,025$$

$$Re_{11} = \frac{V_{в.факт.11} \cdot d_{екв}}{\nu} = \frac{4,960 \cdot 0,3}{0,0000156} = 95\,384$$

$$Re_{12} = \frac{V_{в.факт.12} \cdot d_{екв}}{\nu} = 0$$

де  $d_{екв} = d$

$\nu$  – кінематичний коефіцієнт в'язкості приймаємо рівним

$$\nu = 15,6 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$$

Коефіцієнт опору розвиненого турбулентного руху знаходиться як:

$$\lambda_1 = \frac{0,3164}{Re_1^{0,25}} = \frac{0,3164}{346\,961^{0,25}} = 0,013 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$$

$$\lambda_2 = \frac{0,3164}{Re_2^{0,25}} = \frac{0,3164}{333\,625^{0,25}} = 0,013 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$$

$$\lambda_3 = \frac{0,3164}{Re_3^{0,25}} = \frac{0,3164}{333\,625^{0,25}} = 0,013 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$$

$$\lambda_4 = \frac{0,3164}{Re_4^{0,25}} = \frac{0,3164}{283\,743^{0,25}} = 0,013 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$$

$$\lambda_5 = \frac{0,3164}{Re_5^{0,25}} = \frac{0,3164}{264\,951^{0,25}} = 0,014 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$$

$$\lambda_6 = \frac{0,3164}{Re_6^{0,25}} = \frac{0,3164}{243\,429^{0,25}} = 0,014 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$$

$$\lambda_7 = \frac{0,3164}{Re_7^{0,25}} = \frac{0,3164}{236\,769^{0,25}} = 0,014 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$$

$$\lambda_8 = \frac{0,3164}{Re_8^{0,25}} = \frac{0,3164}{206\ 602^{0,25}} = 0,014 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$$

$$\lambda_9 = \frac{0,3164}{Re_9^{0,25}} = \frac{0,3164}{170\ 320^{0,25}} = 0,015 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$$

$$\lambda_{10} = \frac{0,3164}{Re_{10}^{0,25}} = \frac{0,3164}{141\ 025^{0,25}} = 0,016 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$$

$$\lambda_{11} = \frac{0,3164}{Re_{11}^{0,25}} = \frac{0,3164}{95\ 384^{0,25}} = 0,018 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$$

$$\lambda_{12} = \frac{0,3164}{Re_{12}^{0,25}} = 0 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$$

Динамічний тиск розраховуємо по формулі:

$$\Delta p_{\text{дин.1}} = \frac{\rho \cdot v_{\text{в.факт1}}^2}{2} = \frac{1,2 \cdot 0,013^2}{2} = 0,0001 \text{ Па}$$

$$\Delta p_{\text{дин.2}} = \frac{\rho \cdot v_{\text{в.факт2}}^2}{2} = \frac{1,2 \cdot 0,013^2}{2} = 0,0001 \text{ Па}$$

$$\Delta p_{\text{дин.3}} = \frac{\rho \cdot v_{\text{в.факт3}}^2}{2} = \frac{1,2 \cdot 0,013^2}{2} = 0,0001 \text{ Па}$$

$$\Delta p_{\text{дин.4}} = \frac{\rho \cdot v_{\text{в.факт4}}^2}{2} = \frac{1,2 \cdot 0,013^2}{2} = 0,0001 \text{ Па}$$

$$\Delta p_{\text{дин.5}} = \frac{\rho \cdot v_{\text{в.факт5}}^2}{2} = \frac{1,2 \cdot 0,014^2}{2} = 0,00011 \text{ Па}$$

$$\Delta p_{\text{дин.6}} = \frac{\rho \cdot v_{\text{в.факт6}}^2}{2} = \frac{1,2 \cdot 0,014^2}{2} = 0,00011 \text{ Па}$$

$$\Delta p_{\text{дин.7}} = \frac{\rho \cdot v_{\text{в.факт7}}^2}{2} = \frac{1,2 \cdot 0,014^2}{2} = 0,00011 \text{ Па}$$

$$\Delta p_{\text{дин.8}} = \frac{\rho \cdot v_{\text{в.факт8}}^2}{2} = \frac{1,2 \cdot 0,014^2}{2} = 0,00011 \text{ Па}$$



$$R_{10} = \frac{\lambda_{10}}{d_{\text{екв.1}}} \cdot \Delta p_{\text{дин.10}} = \frac{0,016}{0,4} \cdot 0,00015 = 0,000006$$

$$R_{11} = \frac{\lambda_{11}}{d_{\text{екв.1}}} \cdot \Delta p_{\text{дин.11}} = \frac{0,018}{0,3} \cdot 0,00019 = 1,14 \cdot 10^{-5}$$

$$R_{12} = \frac{\lambda_{12}}{d_{\text{екв.1}}} \cdot \Delta p_{\text{дин.12}} = 0$$

Втрати тиску по довжині повітряпровода знаходяться:

$$\Delta p_{l.1} = R_1 \cdot l = (1,4 \cdot 10^{-6}) \cdot 7,5 = 1,05 \cdot 10^{-5} \text{ Па}$$

$$\Delta p_{l.2} = R_2 \cdot l = 1,53 \cdot 10^{-6} \cdot 7,5 = 1,15 \cdot 10^{-5} \text{ Па}$$

$$\Delta p_{l.3} = R_3 \cdot l = 1,53 \cdot 10^{-6} \cdot 7,5 = 1,15 \cdot 10^{-5} \text{ Па}$$

$$\Delta p_{l.4} = R_4 \cdot l = 1,63 \cdot 10^{-6} \cdot 7,5 = 1,22 \cdot 10^{-5} \text{ Па}$$

$$\Delta p_{l.5} = R_5 \cdot l = 2,05 \cdot 10^{-6} \cdot 7,5 = 1,54 \cdot 10^{-5} \text{ Па}$$

$$\Delta p_{l.6} = R_6 \cdot l = 2,2 \cdot 10^{-6} \cdot 7,5 = 1,65 \cdot 10^{-5} \text{ Па}$$

$$\Delta p_{l.7} = R_7 \cdot l = 2,57 \cdot 10^{-6} \cdot 7,5 = 1,93 \cdot 10^{-5} \text{ Па}$$

$$\Delta p_{l.8} = R_8 \cdot l = 2,8 \cdot 10^{-6} \cdot 7,5 = 2,1 \cdot 10^{-5} \text{ Па}$$

$$\Delta p_{l.9} = R_9 \cdot l = 3,9 \cdot 10^{-6} \cdot 7,5 = 2,93 \cdot 10^{-5} \text{ Па}$$

$$\Delta p_{l.10} = R_{10} \cdot l = 0,000006 \cdot 7,5 = 4,5 \cdot 10^{-5} \text{ Па}$$

$$\Delta p_{l.11} = R_{11} \cdot l = 1,14 \cdot 10^{-5} \cdot 7,5 = 8,55 \cdot 10^{-5} \text{ Па}$$

$$\Delta p_{l.12} = R_{12} \cdot l = 0 \cdot 7,5 = 0 \text{ Па}$$

Сумарне втрати тиску на ділянках в місцях місцевих опорів розраховуються:

$$\Delta p_{\xi.1} = \xi \cdot \Delta p_{\text{дин.1}} + \Delta p_{\text{решетки}} = 0,31 \cdot 0,0001 \cdot 7 = 2,17 \cdot 10^{-4} \text{ Па}$$

$$\Delta p_{\xi.2} = \xi \cdot \Delta p_{\text{дин.2}} + \Delta p_{\text{решетки}} = 0,31 \cdot 0,0001 \cdot 7 = 2,17 \cdot 10^{-4} \text{ Па}$$

$$\Delta p_{\xi.3} = \xi \cdot \Delta p_{\text{дин.3}} + \Delta p_{\text{решетки}} = 0,31 \cdot 0,0001 \cdot 7 = 2,17 \cdot 10^{-4} \text{ Па}$$

											Лист
											47
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	КРБ.ХУІКП.1.490-03.2.17						

$$\Delta p_{\xi.4} = \xi \cdot \Delta p_{\text{дин.4}} + \Delta p_{\text{решетки}} = 0,31 \cdot 0,0001 \cdot 7 = 2,17 \cdot 10^{-4} \text{ Па}$$

$$\Delta p_{\xi.5} = \xi \cdot \Delta p_{\text{дин.5}} + \Delta p_{\text{решетки}} = 0,31 \cdot 0,00011 \cdot 7 = 2,17 \cdot 10^{-4} \text{ Па}$$

$$\Delta p_{\xi.6} = \xi \cdot \Delta p_{\text{дин.6}} + \Delta p_{\text{решетки}} = 0,31 \cdot 0,00011 \cdot 7 = 2,39 \cdot 10^{-4} \text{ Па}$$

$$\Delta p_{\xi.7} = \xi \cdot \Delta p_{\text{дин.7}} + \Delta p_{\text{решетки}} = 0,31 \cdot 0,00011 \cdot 7 = 2,39 \cdot 10^{-4} \text{ Па}$$

$$\Delta p_{\xi.8} = \xi \cdot \Delta p_{\text{дин.8}} + \Delta p_{\text{решетки}} = 0,31 \cdot 0,00011 \cdot 7 = 2,39 \cdot 10^{-4} \text{ Па}$$

$$\Delta p_{\xi.9} = \xi \cdot \Delta p_{\text{дин.9}} + \Delta p_{\text{решетки}} = 0,31 \cdot 0,00013 \cdot 7 = 2,82 \cdot 10^{-4} \text{ Па}$$

$$\Delta p_{\xi.10} = \xi \cdot \Delta p_{\text{дин.10}} + \Delta p_{\text{решетки}} = 0,31 \cdot 0,00015 \cdot 7 = 3,26 \cdot 10^{-4} \text{ Па}$$

$$\Delta p_{\xi.11} = \xi \cdot \Delta p_{\text{дин.11}} + \Delta p_{\text{решетки}} = 0,31 \cdot 0,00019 \cdot 7 = 4,12 \cdot 10^{-4} \text{ Па}$$

$$\Delta p_{\xi.12} = \xi \cdot \Delta p_{\text{дин.12}} + \Delta p_{\text{решетки}} = 0,31 \cdot 0 \cdot 7 = 0 \text{ Па}$$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
L, м <sup>3</sup> /год.	13 750	12 500	11 250	10 000	8 750	7 500	6 250	5 000	3 750	2 500	1 250	0
v, м/с (задаем ось)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
d,	0,9	0,85	0,81	0,77	0,72	0,66	0,6	0,54	0,47	0,38	0,27	0
d, (по госту)	0,9	0,85	0,85	0,8	0,75	0,7	0,6	0,55	0,5	0,4	0,3	0
F, м <sup>2</sup>	0,635	0,567	0,567	0,502	0,441	0,384	0,282	0,237	0,196	0,125	0,07	0
v, м/с	6,014	6,123	6,123	5,533	5,511	5,425	6,156	5,860	5,314	5,5	4,960	0
ρ, кг/м <sup>3</sup>	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Δp дін	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,00011	0,00011	0,00011	0,00011	0,00013	0,00015	0,00019	0

R <sub>e</sub>	346 961	333 625	333 625	283 743	263 951	243 429	236 769	206 602	170 320	141 025	95 384	0
v	0,0000 156	0,0000 156	0,0000 156	0,0000 156	0,0000 156	0,0000 156	0,0000 156	0,0000 156	0,0000 156	0,0000 156	0,0000 156	0,0000 156
λтр	0,013	0,013	0,013	0,013	0,014	0,014	0,014	0,014	0,015	0,016	0,018	0
R	1,4 · 10 <sup>-6</sup>	1,53 · 10 <sup>-6</sup>	1,53 · 10 <sup>-6</sup>	1,63 · 10 <sup>-6</sup>	2,05 · 10 <sup>-6</sup>	2,2 · 10 <sup>-6</sup>	2,57 · 10 <sup>-6</sup>	2,8 · 10 <sup>-6</sup>	3,9 · 10 <sup>-6</sup>	0,0000 06	1,14 · 10 <sup>-6</sup>	0
Δр по довжин i=R*	1,05 · 10 <sup>-5</sup>	1,15 · 10 <sup>-5</sup>	1,15 · 10 <sup>-5</sup>	1,22 · 10 <sup>-5</sup>	1,54 · 10 <sup>-5</sup>	1,65 · 10 <sup>-5</sup>	1,93 · 10 <sup>-5</sup>	2,1 · 10 <sup>-5</sup>	2,93 · 10 <sup>-5</sup>	4,5 · 10 <sup>-5</sup>	8,55 · 10 <sup>-5</sup>	0
l - довжин а,м	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
Δрξ=ξ·Δ р дін	2,17 · 10 <sup>-4</sup>	2,17 · 10 <sup>-4</sup>	2,17 · 10 <sup>-4</sup>	2,17 · 10 <sup>-4</sup>	2,17 · 10 <sup>-4</sup>	2,39 · 10 <sup>-4</sup>	2,39 · 10 <sup>-4</sup>	2,39 · 10 <sup>-4</sup>	2,82 · 10 <sup>-4</sup>	3,26 · 10 <sup>-4</sup>	4,12 · 10 <sup>-4</sup>	0
Σξ=	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31

Розрахунок мережі воздуховодів для системи лінії приточної магістралі.

В зал необхідно подати L1=15 000 м<sup>3</sup>/год.

Для системи приточної об'ємна витрата повітря буде рівна:

$$L1=L=15\ 000/2=7\ 500\ \text{м}^3/\text{год.}$$

Для ділянки №1 магістрального воздуховода знаходимо витрату повітря

$$L_{\text{діл}\#1}=L^{n1}/12$$

$$L_{\text{діл}\#1}=7\ 500-7\ 500/12=6\ 875\ \text{м}^3/\text{год.}$$

(на першій ділянці L=6 875 м<sup>3</sup> /год.)

$$L_{\text{діл}\#2}=7\ 500-2 \cdot \frac{7\ 500}{12}=6\ 250\ \text{м}^3/\text{год.}$$

													Лист
													49
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата									

КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.17

$$L_{\text{діл}\#3} = 7\,500 - 3 \cdot \frac{7\,500}{12} = 5\,625 \text{ м}^3 / \text{год.}$$

$$L_{\text{діл}\#4} = 7\,500 - 4 \cdot \frac{7\,500}{12} = 5\,000 \text{ м}^3 / \text{год.}$$

$$L_{\text{діл}\#5} = 7\,500 - 5 \cdot \frac{7\,500}{12} = 4\,375 \text{ м}^3 / \text{год.}$$

$$L_{\text{діл}\#6} = 7\,500 - 6 \cdot \frac{7\,500}{12} = 3\,750 \text{ м}^3 / \text{год.}$$

$$L_{\text{діл}\#7} = 7\,500 - 7 \cdot \frac{7\,500}{12} = 3\,125 \text{ м}^3 / \text{год.}$$

$$L_{\text{діл}\#8} = 7\,500 - 8 \cdot \frac{7\,500}{12} = 2\,500 \text{ м}^3 / \text{год.}$$

$$L_{\text{діл}\#9} = 7\,500 - 9 \cdot \frac{7\,500}{12} = 1\,875 \text{ м}^3 / \text{год.}$$

$$L_{\text{діл}\#10} = 7\,500 - 10 \cdot \frac{7\,500}{12} = 1\,250 \text{ м}^3 / \text{год.}$$

$$L_{\text{діл}\#11} = 7\,500 - 11 \cdot \frac{7\,500}{12} = 625 \text{ м}^3 / \text{год.}$$

$$L_{\text{діл}\#12} = 7\,500 - 12 \cdot \frac{7\,500}{12} = 0 \text{ м}^3 / \text{год.}$$

Задаємося швидкістю повітря  $v = 6 \text{ м/с}$

Знаходимо діаметр повітряпровода:

$$d = (L / (3600 \cdot 0,785 \cdot v))^{0,5}$$

$$d_1 = \left( \frac{L_1}{3600 \cdot 0,785 \cdot v} \right)^{0,5} = \left( \frac{6\,875}{3600 \cdot 0,785 \cdot 6} \right)^{0,5} = 0,63 \text{ м}$$

Приймаємо повітряповод діаметром:  $d = 0,65 \text{ м}$

$$d_2 = \left( \frac{L_2}{3600 \cdot 0,785 \cdot v} \right)^{0,5} = \left( \frac{6\,250}{3600 \cdot 0,785 \cdot 6} \right)^{0,5} = 0,6 \text{ м}$$

Приймаємо повітряповод діаметром:  $d = 0,6 \text{ м}$

$$d_3 = \left( \frac{L_3}{3600 \cdot 0,785 \cdot v} \right)^{0,5} = \left( \frac{5\,625}{3600 \cdot 0,785 \cdot 6} \right)^{0,5} = 0,57 \text{ м}$$

									Лист
									50
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					



$$d_{12} = \left( \frac{L_{12}}{3600 \cdot 0,785 \cdot v} \right)^{0,5} = \left( \frac{0}{3600 \cdot 0,785 \cdot 6} \right)^{0,5} = 0 \text{ м}$$

Приймаємо повітряповод діаметром:  $d=0 \text{ м}$

Знайдемо площу перерізу:

$$F_1 = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,65^2}{4} = 0,33 \text{ м}^2$$

$$F_2 = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,6^2}{4} = 0,28 \text{ м}^2$$

$$F_3 = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,6^2}{4} = 0,28 \text{ м}^2$$

$$F_4 = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,55^2}{4} = 0,24 \text{ м}^2$$

$$F_5 = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,5^2}{4} = 0,2 \text{ м}^2$$

$$F_6 = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,5^2}{4} = 0,2 \text{ м}^2$$

$$F_7 = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,45^2}{4} = 0,16 \text{ м}^2$$

$$F_8 = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,4^2}{4} = 0,13 \text{ м}^2$$

$$F_9 = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,35^2}{4} = 0,1 \text{ м}^2$$

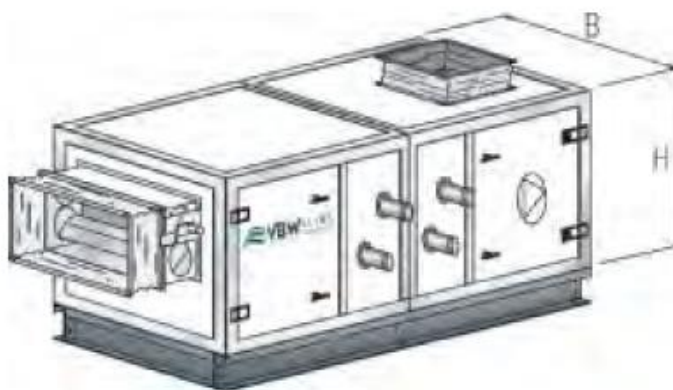
$$F_{10} = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,3^2}{4} = 0,07 \text{ м}^2$$

$$F_{11} = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,2^2}{4} = 0,03 \text{ м}^2$$

$$F_{12} = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0^2}{4} = 0 \text{ м}^2$$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
L, м³/год.	6 875	6 250	5 625	5 000	4 375	3 750	3 125	2 500	1 875	1 250	625	0
v, м/с (задаєм ось)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
d,	0,63	0,6	0,57	0,54	0,5	0,47	0,42	0,38	0,33	0,27	0,19	0
d, (по госту)	0,65	0,6	0,6	0,55	0,5	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3	0,2	0
F, м²	0,33	0,28	0,28	0,24	0,2	0,2	0,16	0,13	0,1	0,07	0,03	0

Я підібрав секційну-вентиляційну установку-внутрішню VBW BS8



Ескіз секційна-вентиляційної установки BS

Холодопродуктивність повітроохолоджувача

$$Q_{\text{пов}} = G \cdot (h_c - h_k) = 10 \cdot (56 - 43) = 130 \text{ кВт}$$

Теплонавантаження на повітронагрівач

$$Q_{\text{пов.нагрів}} = G \cdot (h_{\text{п}} - h_k) = 10 \cdot (53 - 43) = 100 \text{ кВт}$$

Теплонавантаження на 1-й повітронагрівач

$$Q_{\text{пов.нагрів.1}} = G \cdot (h_{\text{н}'} - h_{\text{н}}) = 3 \cdot (10,5 - (-22,2)) = 98 \text{ кВт}$$

Теплонавантаження на 2-й повітронагрівач

													Лист
													53
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата									

КРБ.ХУІКП.1.490-03.2.17

$$Q_{\text{пов.нагрів.2}} = G \cdot (h_{\text{п}} - h_{\text{к}}) = 10 \cdot (56 - 46) = 100 \text{ кВт}$$

Холодильне навантаження камери зрошення

$$Q_{\text{зрош}} = Q_{\text{заг}} \cdot C_p \cdot \Delta t = Q_{\text{заг}} \cdot C_p \cdot (t_c - t_k) = 14,3 \cdot 1,005 \cdot (20,2 - 17,2) = 43,11 \text{ кВт}$$

Вологісне навантаження камери зрошення

$$W = G \cdot (d_k - d_c) = 10 \cdot (13 \cdot 10^{-3} - 10 \cdot 10^{-3}) = 0,03 \text{ кг/с}$$

Теплове навантаження на повітроохолоджувач:	$Q_0 = 130\,000$	Вт
Температура повітря в камері:	$t_k = 23$	°C
Відносна вологість повітря в камері:	$\varphi_k = 0,6$	
Робоче тіло:	R410A	
Температура кипіння фреона	$t_0 = -51,7$	°C

При розрахунку повітроохолоджувачів визначається повна зовнішня (з боку повітря) площа теплопередаючої поверхні, м<sup>2</sup>,

$$F_{\text{ПО}} = \left( \frac{Q_0}{k_{\text{ПО}} \cdot \theta_{\text{ПО}}} \right) \cdot \eta_{\text{ПО}},$$

де  $Q_0$  – холодопродуктивність повітроохолоджувача, Вт;

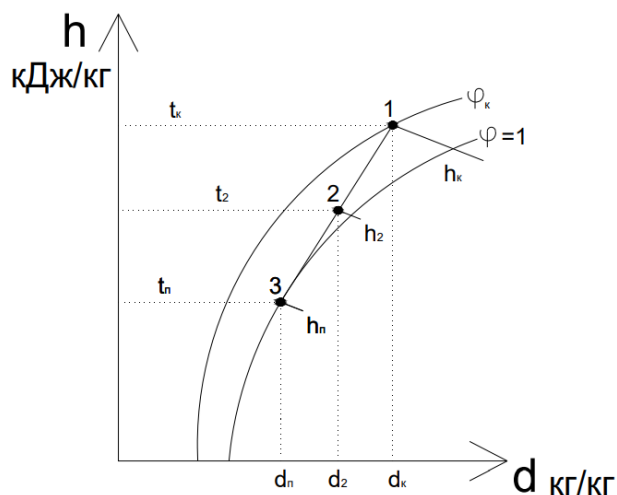
$k_{\text{ПО}}$  – коефіцієнт теплопередачі ПВО, Вт/(м<sup>2</sup> · К);

$\theta_{\text{ПО}}$  – середня різниця температур між циркулюючим повітрям та холодоагентом, що кипить, або розсоллом, оС;

$\eta_{\text{ПО}}$  – коефіцієнт запасу поверхні, який приймають рівним 1,05...1,10.

$$F_{\text{ПО}} = \left( \frac{Q_0}{k_{\text{ПО}} \cdot \theta_{\text{ПО}}} \right) \cdot \eta_{\text{ПО}} = \left( \frac{130\,000}{22 \cdot 77,5} \right) \cdot 1,1 = 83,8 \text{ м}^2$$

										Лист
										54
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						



Параметри повітря на вході в повітроохолоджувач:

$$T_1 = T_B + \Delta T = 23 + 4 = 27^\circ\text{C}$$

де  $\Delta T = 4$  – різниця температур на вході та виході із

Вологовміст повітря на вході:

$$d_1 = \varphi_1 \cdot d'' = 0.6 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 6,3 \cdot 10^{-3} \text{ кг/кг.}$$

де вологовміст насиченого повітря на вході  $d'' = 1,44 \cdot 10^{-3} \text{ кг/кг}$

Ентальпія повітря на вході:

$$i_1 = i_{\text{сух}} + \varphi_1 \cdot i_{\text{вол}} = 45 + 0,7 \cdot 86 = 105,2$$

де  $i_{\text{сух}} = 45 \text{ кДж/кг}$  і  $i_{\text{вол}} = 86 \text{ кДж/кг}$  – ентальпії сухого та вологого повітря при температурі 27

Параметри повітря на виході із повітроохолоджувача:

$$T_2 = T_B - \Delta T = 23 - 4 = 19^\circ\text{C}$$

де  $\Delta T = 2$  – різниця температур на вході і виході із повітроохолоджувача [Кошкин-Сакун].

Вологовміст повітря на виході:

$$d_2 = \varphi_2 \cdot d'' = 0,9 \cdot 14 \cdot 10^{-3} = 9,6 \cdot 10^{-3} \text{ кг/кг.}$$

										Лист
										55
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

де вологовміст насиченого повітря на вході  $d'' = 14 \cdot 10^{-3}$  кг/кг при температурі повітря 19°C

Ентальпія повітря на виході:

$$i_2 = i_{\text{сух}} + \varphi_2 \cdot i_{\text{вол}} = 29 + 0,9 \cdot 54 = 77,6$$

де  $i_{\text{сух}} = 29$  кДж/кг і  $i_{\text{вол}} = 54$  кДж/кг – ентальпії сухого та вологого повітря при температурі 235 К [Таблиці].

Витрата повітря через ПВО, м<sup>3</sup>/с,

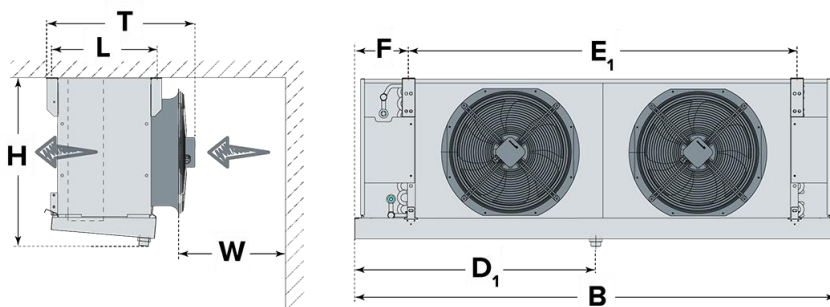
$$V_{\text{по}} = 10^{-3} \cdot Q_0 / [\rho_{\text{п}} \cdot (I_{\text{п1}} - I_{\text{п2}})] = 10^{-3} \cdot 130\,000 / (23 \cdot (105,2 - 77,6)) = 0,2 \text{ м}^3/\text{с},$$

де  $I_{\text{п1}}$  і  $I_{\text{п2}}$  – ентальпія повітря на вході і виході з ПВО, кДж/кг;

$\rho_{\text{п}}$  – густина повітря, кг/м<sup>3</sup>, при середній температурі, яка дорівнює  $0,5 \cdot (t_{\text{п1}} + t_{\text{п2}})$ .

$$\rho_{\text{п}} = 0,5 \cdot (t_{\text{п1}} + t_{\text{п2}}) = 0,5 \cdot (27 + 19) = 23 \text{ кг/м}^3$$

Я підібрав за розрахунковими даними Повітроохолоджувач Kelvion (DX) | СВК-502-3RE-NX28 (2 шт)



Ескіз повітроохолоджувача

Розрахунок компресора

$$Q_{\text{км}} = Q_{\text{об}}$$

$$Q_{\text{об}} = Q_{\text{пов}} = 130 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{от}} = k \sum Q_{\text{км}} = 1,05 \cdot 130 = 136,5$$

									Лист
									56
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

Температуру кипіння в установках із безпосереднім охолодженням приймають залежно від розрахункової температури повітря в камері.

Під час проєктування фреонових установок температуру кипіння приймають на 14-15°C нижчою за цю температуру.

$$t_0 = t_B - 15 = 23 - 15 = 8^\circ\text{C}$$

Температура конденсації

В установках із повітряним охолодженням конденсатора температуру конденсації приймають: на 10-12 °C вищою за розрахункову температуру зовнішнього повітря.

$$t_K = t_H + 11 = 30 + 11 = 41^\circ\text{C}$$

Температуру всмоктуваних парів  $t_{\text{вс}}$ :

$$t_{\text{вс}} = 15 \dots 20^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{вс}} = 17^\circ\text{C}$$

Питома масова холодопродуктивність холодильного агента:

$$q_0 = i_{1''} - i_4 = 435 - 263 = 172 \text{ кДж/кг}$$

Питома робота стиснення в компресорі:

$$l_T = i_2 - i_1 = 454 - 435 = 19$$

Питоме теплове навантаження на конденсатор:

$$q_K = i_2 - i_3' = 454 - 267 = 187$$

Масова витрата циркулюючого холодогенту, необхідна для відведення теплопритоків:

$$M_T = \frac{Q_{\text{от}}}{q_0} = \frac{136,5}{172} = 0,8 \text{ кг/с}$$

де  $Q_{\text{от}}$  – необхідна холодопродуктивність компресора.

					КРБ.ХУІКП.1.490-03.2.17	Лист
						57
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Необхідна теоретична об'ємна об'ємна продуктивність компресора  $V_T$ :

$$V_T = \frac{M_T v_1}{\lambda} = \frac{0,8 \cdot 0,0276}{0,85} = 0,026 (\text{м}^3/\text{с})$$

$$V_{\text{км}} = 30\% V_T + V_T = 30\% \cdot 0,026 + 0,026 = 0,034 \text{ м}^3/\text{с}$$

Дійсна масова витрата холодогенту в компресорі:

$$M_{\text{км}} = \frac{\lambda V_{\text{км}}}{v_1} = 0,85 \cdot 0,34 / 0,0276 = 1,047$$

Дійсна холодопродуктивність компресора:

$$Q_0 = M_{\text{км}} \cdot q_0 = 1,047 \cdot 172 = 180$$

Потужність приводу компресора визначають у такому порядку:

1. Визначають теоретичну (адіабатичну) потужність стиснення

$$N_T = M_{\text{км}} l_T = 1,047 \cdot 19 = 19,9$$

2. Дійсна (індикаторна) потужність стиснення

$$N_i = \frac{N_T}{\eta_i} = \frac{19,9}{0,8} = 24,9$$

3. Потужність на валу компресора (ефективна потужність)

$$N_e = \frac{N_i}{\eta_{\text{мех}}} = \frac{24,9}{5} = 4,98$$

4. Електрична потужність

$$N_{\text{э}} = \frac{N_e}{\eta_{\text{эл}}} = \frac{4,98}{0,9} = 5,53$$

Теплове навантаження (тепловий потік) на конденсатор визначаємо без урахування втрат у процесі стиснення

					КРБ.ХУІКП.1.490-03.2.17	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

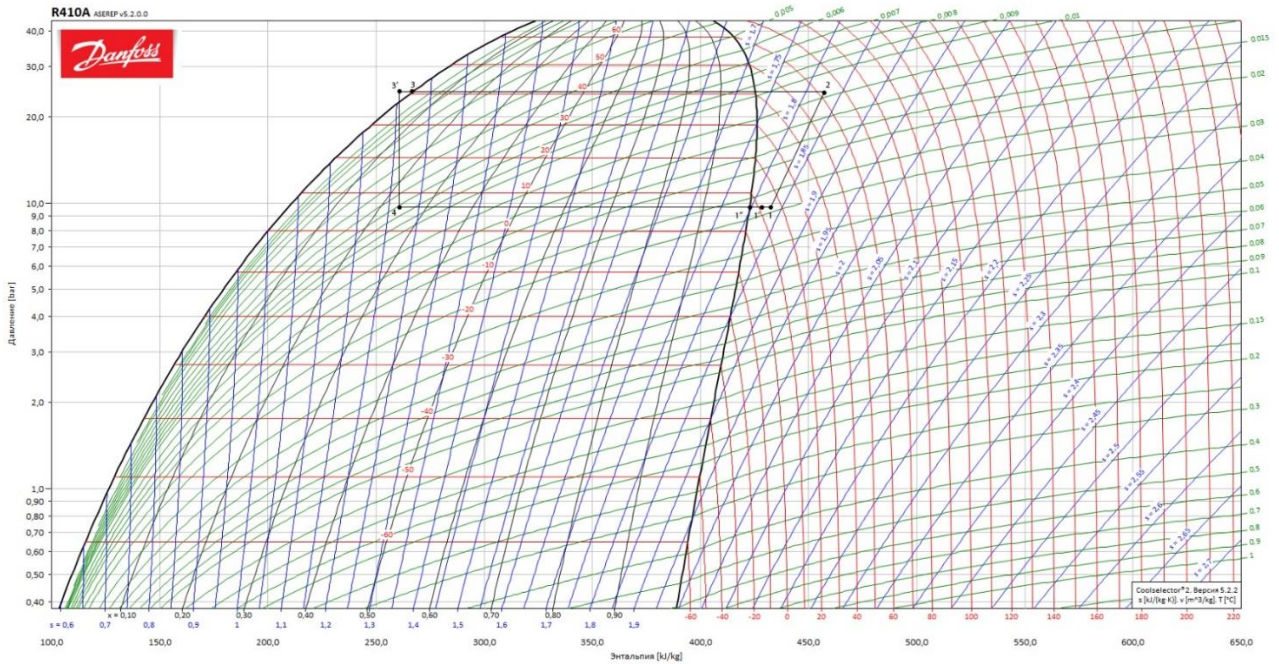
$$Q_k = M_{\text{KM}} q_k = M_{\text{KM}} (i_2 - i_{3'}) = 1,047 \cdot (454 - 267) = 196 \text{ кВт}$$

Теплове навантаження (тепловий потік) на конденсатор визначаємо з урахуванням втрат у процесі стиснення

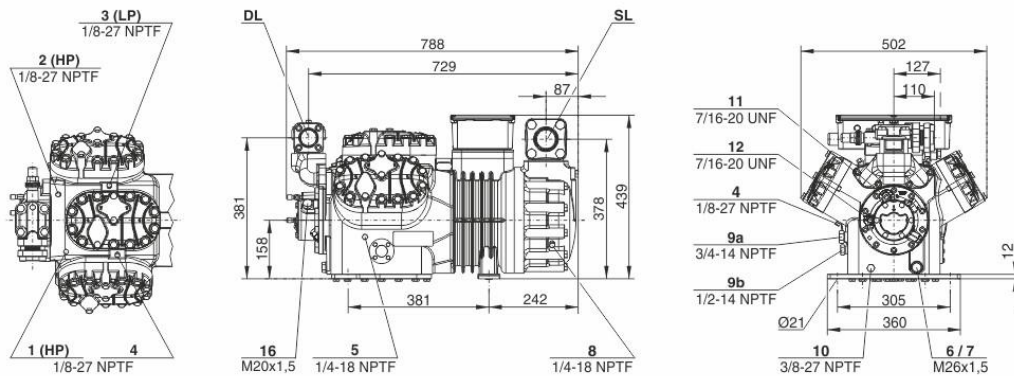
$$Q_{\text{кд}} = Q_0 + N_i = 180 + 24,9 = 205 \text{ кВт}$$

Номер точки	Параметри			
	t, °C	p, МПа	i, кДж/кг	v, м <sup>3</sup> /кг
1''	8	1	423	0,0258
1'	15	1	431	0,0273
1	17	1	435	0,0276
2	58	2,5	454	0,0123
3'	41	2,5	267	0,001
3	38,5	2,5	263	-
4	8	1	263	0,0068

$$i_3 = i_{3'} - (i_1 - i_{1'}) = 267 - (435 - 431) = 263 \text{ кДж/кг}$$



За розрахунком я підібрав компресор Bitzer 6FE-44Y-40P (2 шт)



Ескіз компресора

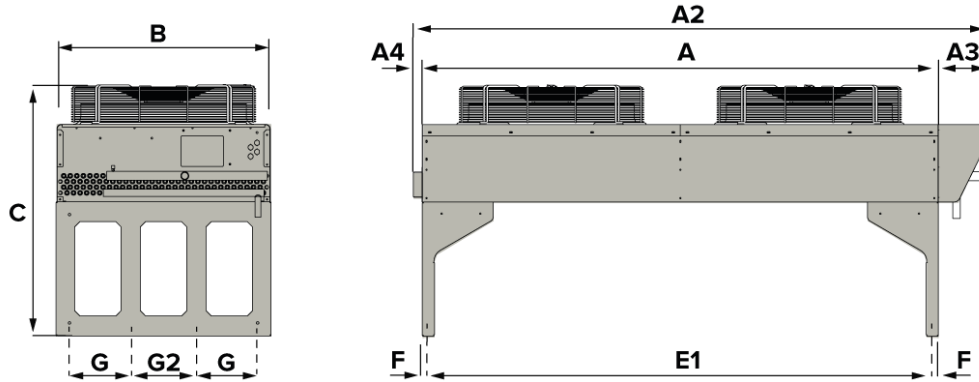
Розрахунок конденсатора

$$Q_k = 0.9 \cdot Q_{k,d} = 0.9 \cdot 205 = 185 \text{ кВт}$$

Приймаємо питоме навантаження  $q_F = 2,5 \text{ кВт/м}^2$ . Необхідна площа теплопередавальної поверхні основної секції:

$$F = \frac{Q_k}{q_F} = \frac{185}{2.5} = 74 \text{ м}^2$$

За розрахунковими даними я підібрав конденсатор Kelvion RF-SA102L3H-063S100 (3 шт)



Ескіз конденсатора

### ОСНОВНЫЕ ДАННЫЕ

Мощность [kW]	82,56	Давление конденсации [bar]	24,8	Блоки x Секции x Контуры	1 x 1 x 16 (Total circuits X: 16)
Т окружающей среды [°C]	26,0	Эффект. Т конденсации 80,00 kW [°C]	40,5	Ходов ( на блок)	6 ( С одной стороны)
Отн. влажность [%]	51,9	Т горячего газа [°C]	86,0	Рабочий режим	ЕС
Температура конденсации [°C] (Точка росы)	41,0	Хладагент	R410A		

### ДАнные по Воздуху

Расход воздуха	18 156 m <sup>3</sup> /h
Вентиляторы в режиме ожидания	-
Внешнее статическое давление	0 Pa
Высота	0 m
Т воздуха на выходе	40,1 °C
Ориентация	Горизонтальный
Направление воздуха	Вертикальный

### ТЕПЛОобМЕННИК

Площадь поверхности	115 m <sup>2</sup>
Потери давления	31 kPa
Потери давления в темп. диф.	0,5 K
Расстояние между ламелями	2,1 mm (12 FPI)
Внутренний объем	19,5 dm <sup>3</sup>
Макс. рабочее давление <sup>(1)</sup>	45 bar

### МАТЕРИАЛЫ

Трубки	Медь
Ламели	AlMg
Корпус	
Покрытие	
Класс коррозионности	-

## ОЦІНКА НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБКИ НОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ, НОВОГО ОБЛАДНАННЯ ТА ІНШИХ ІННОВАЦІЙ

В умовах відкритої ринкової економіки розширюється діапазон оцінки ефективності науково-технічних розробок, а отже, збільшується кількість основних видів ефективності НДДКР, які необхідно визначити з метою цієї оцінки. До них належать:

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	КРБ.ХУІКП.1.490-03.2.17	Лист
						61

– **науково-технічний ефект**, який проявляється у підвищенні науково-технічного рівня, поліпшенні параметрів техніки і технологій, що впливає з відкриття нових законів та закономірностей у природі, а отже, і нових технологічних засобів виробництва речовин, матеріалів та видів продукції;

– **економічний ефект** полягає в отриманні економічних результатів від науково-технічних розробок як в цілому для народного господарства, так і для кожного виробничого суб'єкта. Економічна ефективність науково-технічних розробок за відповідною системою показників має відобразити вплив їхньої результативності на розвиток економіки країни в цілому, а також регіонів, галузей, організацій і підприємств, що беруть участь у реалізації технологічних нововведень;

– **соціальний ефект**, що відображає зміни умов діяльності людини в суспільстві. Його прояв спостерігається в змінах характеру та умов праці, підвищенні життєвого рівня населення, поліпшенні побутових його умов, розширенні можливостей духовного розвитку особистості, у змінах стану довкілля;

– **маркетинговий ефект**, що відображає потреби ринку в наукових дослідженнях і розробках та можливість їх реалізації.

Науково-технічну ефективність (НТЕ) результатів прикладних робіт визначають на основі показників науково-технічного рівня. Оцінка науково-технічної ефективності НДДКР відбувається на основі показника ( $O_{НТЕ}$ ), який представляє собою ступінь досягнення максимально можливого рівня, значення якого дорівнює 1 (одиниці):

$$O_{НТЕ} = K^{\Phi}_{НТЕ} / K^{\Pi}_{НТЕ}, \quad (1)$$

де  $K^{\Phi}_{НТЕ}$  – показник (коефіцієнт) фактичного рівня науково-технічної ефективності;

$K^{\Pi}_{НТЕ}$  – показник (коефіцієнт) потенціально можливого рівня науково-технічної ефективності (дорівнює одиниці).



- розробляють перелік специфічних показників, необхідних для виміру науково-технічного рівня розробки;
- формують групу аналогів, які реалізовані на світовому і вітчизняному ринках;
- здійснюють відповідні розрахунки для співставлення показників і визначення балів по табл. 1.

До числа специфічних показників відносять:

- **для нової техніки:** продуктивність, споживання інженерних ресурсів на виробітку одиниці продукції, потреба в робочих, які обслуговують обладнання, експлуатаційні витрати на одиницю продукції;
- **для нових матеріалів і речовин:** вміст корисних речовин для виробітки готової продукції, питома вага відходів у загальному обсязі переробленої сировини, вартість одиниці ... нового матеріалу;
- **для нових технологій:** якість виробленої продукції, енергоємність і трудомісткість продукції, собівартість одиниці продукції.

З метою спрощення визначення  $K^{\Phi}_{НТЕ}$  у табл. 2 не введено показника витрат на одиницю продукції.

Таблиця 2

Порівняльні показники для виконання оцінки НТЕ

ПОКАЗНИКИ	Варіанти технології	
	розробленої	співвідносної (аналога)
Рівень новізни	світовий	-
Якість продукції	найвища	вища
Споживання на 1 т продукції		
– тепла, Гкал	5,14	6,85
– електроенергії, кВт·годину	46,72	54,36
– води, м <sup>3</sup>	4,13	3,12
Трудомісткість виробництва, людино-годин/ тонну	17,5	6,17

На основі співставлення даних таблиці встановлюють бали по характеристиках чотирьох груп і на цій основі розраховують значення інтегрального показника НТЕ:

$$\text{НТЕ} = \sum B_i \times K_i^3, \quad (3.2)$$

де  $i = 1 \div 4$ ,

$B_i$  – бали (рейтингове число),

$K$  – коефіцієнт значущості показників.

Рівень науково-технічної ефективності НДДКР розраховано на основі наведених даних прикладу (табл. 3).

Таблиця 3

Експертна оцінка і розрахунок величини інтегрального показника НТЕ

№	Групи показників	Рейтинг експертів			Середня за експертними оцінками	НТЕ
		1	2	3		
1	Науково-технічний рівень	8	8	9	8,33	2,91 (8,33 x 0,35)
2	Перспективність	6	7	6	6,33	2,21 (6,33 x 0,35)
3	Потенційний масштаб практичного використання	4	5	5	4,67	0,93 (4,67 x 0,20)
4	Ступінь вірогідності досягнення позитивних результатів	7	8	7	7,33	0,73 (7,33 x 0,10)
В С Ь О Г О						6,78

$$\text{НТЕ} = 8,33 \cdot 0,35 + 6,33 \cdot 0,35 + 4,67 \cdot 0,2 + 7,33 \cdot 0,1 = 2,91 + 2,21 + 0,93 + 0,73 = 6,78$$

Отриманий результат слід порівняти з максимально можливим значенням, яке дорівнює 10 балам ( $10 \cdot 0,35 + 10 \cdot 0,35 + 10 \cdot 0,2 + 10 \cdot 0,1$ ).

Отже, оцінка рівня НТЕ може бути зроблена за допомогою інтегрального коефіцієнта оцінки НТЕ ( $K_{\text{НТЕ}}$ ):

$$K_{\text{НТЕ}} = \frac{\text{НТЕ}}{10} \cdot 100 \% .$$

На основі даних табл. 3.3 можна дійти до висновку, що  $K_{НТЕ}$  відповідає 67,8 %, тобто:

$$\frac{6,78}{10} \cdot 100 = 67,8 \%$$

В тому випадку, коли значення  $K_{НТЕ}$  перевищує середнє значення, яке дорівнює 5,0, має бути зроблено висновок про достатній рівень НТЕ:

- цілком достатній 5,0 – 6,0;
- достатній 6,1 – 8,0;
- достатньо високий 8,1 – 9,0;
- високий 9,1 – 10.

Таким чином, рівень НТЕ технології можна визнати достатнім. Отже, розроблену технологію пропонується впроваджувати у виробництво.

## Охорона праці

Охорона праці на виробництві є одним з найважливіших аспектів забезпечення безпеки та благополуччя працівників у робочому середовищі. Вона включає в себе комплекс заходів, спрямованих на запобігання виникненню нещасних випадків на роботі, професійних захворювань та забезпечення належних умов праці.

Одним з основних принципів охорони праці є передбачення та попередження можливих ризиків. Це означає, що виробничий процес повинен бути проаналізований з точки зору можливих небезпек і прийняті заходи для їх запобігання. Для досягнення цієї мети використовуються такі інструменти, як аналіз ризиків, оцінка безпеки, планування екстрених ситуацій та навчання працівників безпечній поведінці на роботі.

					<i>КРБ.ХУІКП.1.490-03.2.17</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		66

Організація безпечного робочого середовища є ще одним важливим аспектом охорони праці. Це включає в себе встановлення належного обладнання та машин, регулярну перевірку їх стану та правильну експлуатацію, а також забезпечення належного освітлення, вентиляції та санітарних умов на робочому місці. Забезпечення безпеки працівників під час виконання роботи з важкими матеріалами, небезпечними речовинами або в умовах підвищеної температури також є важливою складовою безпеки на виробництві.

Крім того, охорона праці на виробництві включає в себе правильне використання індивідуальних засобів захисту (ІЗЗ). Це можуть бути різні види захисного спорядження, такі як каски, окуляри, маски, рукавиці, відповідні одяг і взуття, які забезпечують захист від можливих небезпек. Використання ІЗЗ має бути обов'язковим для всіх працівників у випадках, коли існує ризик отримання травми або пошкодження здоров'я.

Законодавство також відіграє важливу роль у забезпеченні охорони праці на виробництві. У багатьох країнах існують закони та нормативні акти, які регулюють правила безпеки та охорони праці. Ці законодавчі акти встановлюють вимоги до роботодавців щодо створення безпечних умов праці, забезпечення навчання працівників правилам безпеки та проведення регулярних перевірок безпеки на робочому місці.

Узагальнюючи, охорона праці на виробництві є невід'ємною частиною ефективної організації робочого процесу. Вона має на меті забезпечити безпеку працівників та запобігти виникненню нещасних випадків і професійних захворювань. Правильна організація безпечних умов праці, використання ІЗЗ, аналіз ризиків та дотримання вимог законодавства є основою успішної охорони праці на виробництві.

## Цивільний захист

					КРБ.ХУІКП.1.490-03.2.17	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

Цивільний захист є сукупністю заходів, спрямованих на запобігання та мінімізацію наслідків небезпек, природних катастроф, техногенних аварій, збройних конфліктів та інших надзвичайних ситуацій, а також на охорону та збереження життя, здоров'я, майна і навколишнього середовища населення.

Цивільний захист є важливим аспектом суспільного життя, оскільки його метою є забезпечення безпеки і захисту громадян та їх майна в умовах надзвичайних ситуацій. Він включає в себе широкий спектр дій, що охоплюють передбачення потенційних небезпек, попередження їх виникнення, реагування на надзвичайні ситуації, надання допомоги постраждалим та відновлення нормального життя після кризових ситуацій.

Основні завдання цивільного захисту включають:

Попередження та передбачення небезпек. Цивільний захист займається моніторингом потенційно небезпечних ситуацій, аналізом ризиків та прогнозуванням можливих негативних наслідків. На основі цієї інформації розробляються плани дій і системи попередження, щоб зменшити ризик виникнення небезпеки.

Реагування на надзвичайні ситуації. При виникненні надзвичайних ситуацій, таких як природні катастрофи, техногенні аварії або терористичні акти, цивільний захист організовує оперативну реакцію. Це включає евакуацію населення, надання медичної допомоги, гасіння пожеж, рятувальні роботи та інші заходи для забезпечення безпеки та порятунку постраждалих.

Допомога постраждалим. Цивільний захист забезпечує матеріальну, медичну, психологічну та соціальну допомогу постраждалим від надзвичайних ситуацій. Це може включати надання притулку, харчування, медичну допомогу, пошуково-рятувальні операції, відновлення зв'язку та інші необхідні послуги.

					КРБ.ХУІКП.1.490-03.2.17	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

Відновлення після кризових ситуацій. Після виникнення надзвичайної ситуації цивільний захист допомагає відновити нормальний режим життя. Це охоплює відновлення інфраструктури, ліквідацію наслідків, психологічну підтримку та інші заходи, спрямовані на повернення громади до стабільного стану.

Крім того, цивільний захист включає в себе навчання населення з питань безпеки, проведення тренувань та навчальних заходів, розробку планів дій та створення систем попередження та реагування на небезпеки. Важливою складовою цивільного захисту є співпраця між державними органами, місцевими владами, громадськістю, добровольцями та іншими зацікавленими сторонами.

У сучасному світі, де існує ризик природних лих, техногенних аварій та терористичних актів, роль цивільного захисту ще більш важлива. Правильно організовані заходи цивільного захисту можуть врятувати багато життів, запобігти значним матеріальним збиткам і допомогти відновити нормальне життя в найкоротші терміни після кризових ситуацій.

Отже, цивільний захист є невід'ємною частиною суспільства, спрямованою на забезпечення безпеки громадян та їх майна. Шляхом попередження, реагування та відновлення, цивільний захист сприяє зменшенню наслідків надзвичайних ситуацій і сприяє підвищенню рівня безпеки в суспільстві.

					КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.17	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		69

## Список літератури

1. Липа О.І., Жихарева Н.В., Піщанська Н.О. Посібник для самостійної роботи «Кондиціонування повітря»
2. Розрахунок повітроохолоджувача <http://surl.li/igjkk>
3. Технічні характеристики секційних підлогових вентагрегатів BS <http://surl.li/igjmq>
4. Основні правила проектування і розміщення вікон в будинку <http://surl.li/igjnu>
5. Теплоізоляційні матеріали для дахів <http://surl.li/igjot>
6. Розрахунок вологовиділень <http://surl.li/igjpw>
7. Комфортне кондиціонування повітря <http://surl.li/igjup>
8. Красновський І.Н., Цвіркун Л.О., Заїкіна Д.П. Опис проектування холодильних систем <http://surl.li/igjxo>
9. Ратушняк Г. С. Експлуатація систем тепlopостачання та вентиляції / Г. С. Ратушняк, Г. С. Попова. – Вінниця : ВДТУ, 2001. – 122 с

					КРБ.ХУІКП.1.490-03.2.17	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70