

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВСП «ОДЕСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ОНТУ»

Спеціальність № 142

«Енергетичне машинобудування»

ОП: «Системи кондиціонування і
вентиляції повітря»

Група: БКВ - 04

Дипломний проект

здобувача освіти денного відділення
БКВ 04. 011. 000 ДП

Кирничний Валентин
Сергійович

м. Одеса - 2023 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
ВСП «ОДЕСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ОНТУ»

Спеціальність 142
«Енергетичне машинобудування»
ОП: «Системи кондиціонування і
вентиляції повітря»
Група БКВ - 04

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
БКВ 04. 013. 000 ДП

До дипломного проекту на тему:
Розробка системи кондиціонування і вентиляції для торгового центру
Мегадом, Одеса

Проектний матеріал складається з пояснювальної записки
на _____ сторінках та графічного матеріалу на _____ аркушах.

Дипломник _ **Кирничний В. С.** (_____)

_____ **Керівник проекту** _ **Хмельнюк М. Г.** (_____)

Консультанти:

з економічної частини _____ (Шимко О.В.)

з будівельної частини _____ (Волянська С.В.)

з охорони праці _____ (Чорновол Н.І.)

по дотриманню
вимог ЄСКД _____ (Волянська С.В.)

До захисту допущено
Завідувач кафедри _____ (Хмельнюк М.Г.)

Завідуючий відділенням _____ (Бригадир Л.Г.)

Захист “_____” _____ 2023 р. Протокол ЕК № _____
Оцінка ЕК _____

Секретар ЕК _____ Куриленко В.О.

Міністерство освіти і науки України
ВСП «Одеський технічний фаховий коледж ОНТУ»

Дата видачі завдання
«20» лютого 2023 р.
Дата закінчення проекту
«01» липня 2023 р.

Затверджую
Заступник директора з НВР
_____ Беркань Іг.В.
“ 20 ” лютого 2023 р.

ЗАВДАННЯ

ДО ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУВАННЯ

1. Прізвище, ім'я та по батькові: . Кирничний Валентин Сергійович
2. Галузь знань № 14 «Електрична інженерія»
Освітня програма «Системи кондиціювання і вентиляції повітря»

Тема дипломного проекту **Розробка системи кондиціювання і вентиляції для торгового центру Мегадом, Одеса**

Спеціальність № 142 «Енергетичне машинобудування»

Стверджена наказом по коледжу від « 17 » 10 2022 р. № 235–А2- ОД

Вихідні дані для проекту: **торгового центру Мегадом, Одеса**

Зміст та послідовність виконання дипломного проекту

Вступ

1 Загальна частина

- 1.1 Вихідні дані проекту
- 1.2 Техніко-економічне обґрунтування проекту

3 Розрахунково-конструкторська частина

- 3.1 Розрахункові дані проекту
- 3.2 Розрахунок теплоприпливів об'єкту завдання
- 3.3 Розрахунок вологовиділень об'єкту завдання
- 3.4 Зведена таблиця тепло і вологоприпливів об'єкту завдання
- 3.5 Визначення витрати повітря припливної установки
- 3.6 Побудова в d,h-діаграмі процесів обробки повітря
- 3.7 Розрахунок і вибір і обладнання припливної установки
- 3.8 Розрахунок основного холодильного обладнання
- 3.9 Розрахунок обладнання вентиляційної мережі

4 Організаційна частина

- 4.1 Вибір системи і приладів автоматичного регулювання системи кондиціювання і вентиляції повітря

5 Економічна частина

6 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

7 Використана література

Графічна частина

Графічний Аркуш 1. Аксонометрична схема повітророзподільної мережі системи кондиціонування або холодопостачання

Графічний Аркуш 2. Схема автоматизації системи кондиціонування і вентиляції повітря

Графічний Аркуш 3. Технічне креслення обладнання

Графічний Аркуш 4. Технічне креслення обладнання

Графік виконання проекту

Зміст	Термін виконання
1. Загальна частина	29 – 31.05.2023
2. Розрахунково-конструкторська частина	01 - 07.06.2023
3. Організаційна частина	08 – 09.06.2023
4. Аркуш 1, 2	10 – 11.06.2023
5. Економічна частина	12 – 14.06.2023
6. Аркуш 3?4	15 – 17.06.2023
7. Організаційна частина	18.06.2022
8. Охорона праці	19.06.2023
Попередній захист	20.06.2023
Захист дипломного проекту	28-30.06.2023

Завдання розглянуто та затверджено на засіданні циклової комісії спецдисциплін холодильного циклу

Протокол № 2 від “ 13” вересня 2022 р.

Завідувач кафедру _____ (Хмельнюк М.Г.)

Попередній захист проведено, зауваження враховано

Керівник проекту _ Хмельнюк М.Г _____ (_____)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВСП «ОДЕСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ОНТУ»

Спеціальність № 142

«Енергетичне машинобудування»

ОП: «Системи кондиціювання і
вентиляції повітря»

Група: БКВ - 04

Дипломний проєкт

здобувача освіти денного відділення

БКВ 04. 011. 000 ДП

Кирничний

Валентин

Сергійович

Кирничний Валентин Сергійович

Розробка системи кондиціонування і вентиляції для торгового центру
Мегадом, Одеса

Керівник проф.. Хмельнюк М.Г.

АНАТАЦІЯ

Дипломний проект складається з: 80 сторінок тексту, 4 креслень, 5 таблиць, 3 діаграм, 3 рисунок, 13 посилань на літературні джерела.

В роботі проведений розрахунок процесів літнього та зимового кондиціонування повітря, вибір розрахункових параметрів внутрішнього та зовнішнього повітря. Вибір і розрахунок припливної установки, а також підбір центрального кондиціонера фірми VEZA . До складу установки входять фільтри, блоки повітрянагрівачів , форсункова камера зволоження. Всі блоки забезпечені системами автоматики, що входять до складу установки. Джерелом холодопостачання служать чилер (фірми TRAINE). Повітрярозподілення в приміщенні здійснюється розподільниками повітря компанії «АРКТОС»,

Ключові слова: кондиціонування повітря, центральний кондиціонер, вентиляційна мережа.

ABSTRACT

Thesis consists of: 80 text pages, 4 black texts, 3 tables, 3 diagrams, 3 figure, 13 publications of literary sources.

The calculation of summer and winter air conditioning processes, selection of indoor and outdoor air calculation parameters is performed in the work. Selection and calculation of the supply unit, as well as the selection of the central air conditioner company VEZA. The installation includes filters, air heater units, nozzle humidification chamber. All units are equipped with automation systems that are part of the installation. The source of refrigeration is a chiller (TRAINE). Air distribution in the room is carried out by air distributors of the ARKTOS company,

Key words: air conditioning, central air conditioner, ventilation measure.

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП	6
1. РОЗРАХУНОК ПРОЦЕСІВ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ	11
2. ВИБІР І РОЗРАХУНОК ПРИПЛИВНОЇ УСТАНОВКИ	17
2.1. ПОБУДОВА ПРОЦЕСІВ ОБРОБКИ ПОВІТРЯ В h-d ДІАГРАМИ ДЛЯ РІЧНОГО І ЗИМОВОГО РЕЖИМІВ КОНДИЦІОНУВАННЯ....	25
3. РОЗРАХУНОК Т ПРИПЛИВНОЇ УСТАНОВКИ	27
3.1 Підбір центрального кондиціонера.....	30
3.2.Підбір повітронагрівача	32
3.3 Підбір повітроохолоджувача.....	33
3.4. Підбір фільтра	37
4. ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ВЕНТИЛЯЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ.....	48
7. ПІДБІР І РОЗРАХУНОК ХОЛОДИЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ.....	51
8. АВТОМАТИЗАЦІЯ СКП.....	60
9. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	61
10. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПРОЕКТУ	70
ВИСНОВКИ.....	79
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	80

\

					БКВ04. 011. 000 ДП ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Кирничий В.С.			Розрахунково- пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевір.		Хмельнюк М.Г.					5	102	
Реценз.									
Н. Контр.									
Затверд.									

ВСТУП

Кондиціонування повітря- це надання йому і автоматична підтримка необхідних тепловологісних якостей. При цьому на відміну від загально обмінної вентиляції і опалювання при кондиціонуванні протягом круглого року і особливо в теплий час в приміщенні можна підтримувати будь-які параметри внутрішнього повітря, незалежно від зовнішніх метеорологічних умов і змінних надходжень в приміщення тепла і вологи.

Комплекс технічних засобів за допомогою яких здійснюється кондиціонування повітря називається системою кондиціонування повітря (СКП). У СКП входять устаткування для здійснення всіляких процесів обробки повітря, його переміщення і розподілу, джерела тепло - і холодопостачання , засоби автоматичного регулювання, дистанційного керування і контролю, насоси і трубопроводи, місцеві підігрівачі, осушувачі і зволожувачі, а також допоміжне електроустаткування.

Системи кондиціонування, як правило, забезпечуються засобами очищення повітря від пилу, бактерій і запахів: підігрівання, зволоження і осушення його: переміщення, розподілу і автоматичного регулювання температури повітря, його відносної вологості, а інколи і засобами регулювання газового складу і іонного змісту повітря.

Основні вимоги до систем кондиціонування повітря.

Санітарно-гігієнічні вимоги:

- забезпечення в приміщеннях метеорологічних умов, що регламентуються нормами;
- швидкість і напрями випуску повітря, а також різниця температур між повітрям в приміщенні і повітрям, що подається, розташування розподільників повітря і витяжних отворів мають бути такими, аби в зоні перебування людей були відсутні місцеві шкідливі або неприємні струми повітря і застійні місця;
- зниження шуму в приміщеннях до рівня, що не непокоїть людей;

					БКВ04. 011. 000 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Пішпис	Дата		3

- запобігання проникненню і поширенню шкідливостей, поганих запахів або шуму з одних приміщень в інші.

Будівельно-монтажні і архітектурні вимоги:

- мінімальна потреба в площі для розміщення устаткування і каналів як усередині обслуговуваних приміщень так і в допоміжних приміщеннях;
- відповідність зовнішніх форм і обробки устаткування, що розташовується усередині приміщень, що кондиціонують, архітектурній подобі останніх і відсутність конструктивних деталей, погіршуючи інтер'єри;
- найменші витрати часу і праці на монтаж і введення в експлуатацію установок;
- можливість будівництва і введення системи в експлуатацію по поверхах і навіть по окремих приміщеннях;
- пробивка мінімальної кількості отворів в будівельних конструкціях для прокладки каналів і трубопроводів, а також мала вага устаткування, що особливо важливе при пристрої СКП в існуючих будівлях;
- хороша вібро- і звукоізоляція устаткування від будівельних конструкцій;
- пожежна безпека і наявність засобів запобігання вогню по каналах.

Експлуатаційні вимоги:

- можливість швидкого перемикання з режиму обігріву на режим охолодження в перехідний час року, а також при різких змінах температури зовнішнього повітря і теплопоступлений, тобто мала теплова інерційність системи;
- взаємне блокування кондиціонерів, що полягає в тому, аби при виключенні одного з кондиціонерів подати повітря з сусідніх, хоч би в меншій кількості;
- забезпечення індивідуального регулювання температури і відносної вологості повітря в кожному окремому приміщенні;

					БКВ04. 011. 000 ДП ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Пішпис	Дата		

- можливість опалювання одних приміщень при одночасному охолодженні інших, обслуговуваних тією ж системою;
- зосередження устаткування, що вимагає систематичного обслуговування, у мінімальній кількості місць;
- простота ремонту і обслуговування, а також мала потреба в них в період експлуатації;
- можливість часткового перепланування приміщенні в процесі експлуатації без перевлаштування СКП, що особливо важливе для виробничих будівель з швидко змінною технологією виробництва;
- герметичність воздуховодов і притворів повітряних клапанів системи.

Економічні вимоги:

- мінімальна вартість устаткування і будівельно-монтажних робіт, тривалий термін служби, а звідси і мінімальні амортизаційні відрахування;
- максимально можлива економія електроенергії, води, тепла і особливо дорогого холоду.

Центральні кондиціонери призначені для обслуговування декількох приміщень або одного великого приміщення. Інколи декілька центральних кондиціонерів обслуговують одне приміщення великих розмірів (театральний зал, закритий стадіон, виробничий цех і тому подібне).

Сучасні центральні кондиціонери випускаються в секційного виконання і складаються з уніфікованих типових секцій (тривимірних модулів), призначених для регулювання, змішування, нагрівання, охолодження, очищення, осушення, зволоження і переміщення повітря.

Наявність необхідного кліматичного устаткування здатна помітно збільшити кількість відвідувачів в торгових комплексах

Метою даного дипломного проекту є проект системи кондиціонування і вентиляції для торгового центру Мегадом

					БКВ04. 011. 000 ДП ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Пішпис	Дата		

1 РОЗРАХУНОК ПРОЦЕСІВ ЛІТНЬОГО ТА ЗИМОВОГО КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ

1.1 Вибір розрахункових параметрів внутрішнього та зовнішнього повітря

Системи кондиціонування повітря комфортного призначення розраховуються на підтримку параметрів повітря, оптимальних для самопочуття людей. Параметри визначаються умовами тепло - і волого обміну, які у свою чергу залежать від конституції людини, стану його здоров'я, характеру виконуваної роботи, нервової напруги, одягу, а також від температури, вологості й швидкості руху навколишнього повітря. Нормами регламентовані значення оптимальних параметрів повітря для різних виробничих, суспільних і житлових приміщень.

Керуючись [1], приймаємо наступні значення температури, відносній вологості й швидкості руху повітря в приміщенні :

Для торгового залу площею - $S=152,59 \text{ м}^2$

Температура повітря в приміщенні влітку - $t_{\text{т.з.}}^{\text{літо}} = 24 \text{ }^\circ\text{C}$

Відносна вологість повітря в приміщенні влітку - $\phi_{\text{т.з.}}^{\text{літо}} = 57 \%$

$V_{\text{літо}} = 0,3 \text{ м/с}$

Температура повітря в приміщенні взимку - $t_{\text{т.з.}}^{\text{зима}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$

Відносна вологість повітря в приміщенні взимку - $\phi_{\text{т.з.}}^{\text{зима}} = 40 \%$

$V_{\text{зима}} = 0,2 \text{ м/с}$

Вибір розрахункових параметрів зовнішнього повітря визначається кліматичними умовами місцевості й призначенням ВКВ.

У нашому випадку, розрахункові параметри зовнішнього повітря, повинні відповідати класу [Б]. Керуючись [2], приймаємо наступні параметри:

Барометричний тиск - 760 мм. рт. ст.

Ентальпія зовнішнього повітря влітку $h_{\text{зов.пов.}}^{\text{літо}} = 62 \text{ кДж/кг}$

					БКВ04. 011. 000 ДП ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Пішпис	Дата		

Температура зовнішнього повітря влітку $t_{\text{зов.пов.}}^{\text{літо}} = 28,6 \text{ }^\circ\text{C}$

Розрахункова швидкість повітря влітку $v_{\text{зов.пов.}}^{\text{літо}} = 3,3 \text{ м/с}$

Середньодобова амплітуда температури повітря $\Delta t = 8.8 \text{ }^\circ\text{C}$

Кількість градуса - діб опалюв.періоду=2805

Ентальпія зовнішнього повітря взимку $h_{\text{зов.пов.}}^{\text{зима}} = -16,3 \text{ кДж/кг}$

Температура зовнішнього повітря взимку $t_{\text{зов.пов.}}^{\text{зима}} = -18 \text{ }^\circ\text{C}$

Розрахункова швидкість повітря взимку $v_{\text{зов.пов.}}^{\text{зима}} = 11 \text{ м/с.}$

1.2 Розрахунок тепло припливів для теплого періоду року

Керуючись [1] розрахуємо в приміщенні торгової зали:

1) В приміщенні знаходяться 10 касових апаратів сумарною потужністю 2 кВт, та 3 термінали по прийому платежів сумарною потужністю 2 кВт

Тепловиділення електродвигунів, що не мають примусового охолодження з відведенням теплоти за межі приміщення, кВт,

Таким чином теплова навантаження від устаткування

$$Q_{\text{техн}} = 2000 + 2000 = 4000 \text{ Вт.} \quad (1.2.1)$$

2) від людей:

$$Q_{\text{люд.п.}}^{\text{тз}} = q_{\text{жін}} \cdot n_{\text{перс}} + q_{\text{жін}} \cdot n_{\text{клієнт.жін}} + q_{\text{чол}} \cdot n_{\text{клієнт.чол}} = (20 \cdot 0,75 + 25 \cdot 0,75 + 25 \cdot 1) \cdot 144 = 8460 \text{ Вт;} \quad (1.3.2)$$

$q_{\text{люд}} \text{ при } 24^\circ\text{C} = 144 \text{ Вт};$

$q_{\text{жін.}} = 0,75 \cdot 144 \text{ Вт};$

$q_{\text{чол.}} = 1 \cdot 144 \text{ Вт.}$

$n_{\text{перс}}$ – кількість персоналу

$n_{\text{клієнт.жін}}$ – кількість відвідувачів жінок

$n_{\text{клієнт.чол.}}$ – кількість відвідувачів чоловіків

3) Приплив тепла від штучного освітлення:

Вважається, що енергія, що витрачається на освітлення, переходить в теплоту, що нагріває повітря в приміщенні:

$$Q_{\text{осв}} = N_{\text{осв}} \quad (1.2.3)$$

					БКВ04. 011. 000 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Пішпис	Дата		7

Де $N_{осв}$ – сумарна потужність джерел освітлення, Вт, при цьому пренебрегають частиною енергії, що нагріває конструкції будівлі і що вирушає через них.

Для розрахункового типу приміщень приймаємо теплове навантаження від освітлення, що дорівнює 20 кВт на кожен квадратний метр приміщення:

$$Q_{осв} = 20 \cdot S / 1000 = 20 \cdot 152.59 / 1000 = 3.05 \text{ кВт} \quad (1.2.4)$$

Де S – загальна площа приміщення, m^2

4) від інфільтрації тепло припливи при розрахунку вентиляції не враховуються;

5) Розрахунок тепло припливів через внутрішні огородження:

Перегородки виконані із наступних матеріалів:

штукатурка $\delta = 20$ мм; $\lambda = 0,81$ Вт/(м · К);

пенобетон $\delta = 400$ мм; $\lambda = 0,37$ Вт/(м · К);

штукатурка $\delta = 20$ мм; $\lambda = 0,81$ Вт/(м · К);

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{вн}} + \frac{\delta_{шт}}{\lambda_{шт}} + \frac{\delta_{цегла}}{\lambda_{цегла}} + \frac{\delta_{шт}}{\lambda_{шт}} + \frac{1}{\alpha_{вн}}} = \frac{1}{\frac{1}{8.7} + \frac{0.02}{0.81} + \frac{0.4}{0.37} + \frac{0.02}{0.81} + \frac{1}{8.7}} = 1.32 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}, \quad (1.2.5)$$

$$\Delta t_{роз} = (28,6 - 24) \cdot 0,5 = 2,3 \text{ }^\circ\text{C} \quad (1.2.6)$$

$$Q_{т3\text{ во.}} = Q_{конв.} = k \cdot (F_{ст}^3 + F_{ст}^{сх}) \cdot \Delta t_{роз} = 1,32 \cdot (21,63 + 9,79) \cdot 2,3 = 152 \text{ Вт} \quad (1.2.7)$$

Кількість теплоти, що надходить в приміщення через зовнішні стіни або перекриття площею F складається з середніх величин тепла що надходить за рахунок конвективного теплообміну і тепла від сонячної радіації

$$Q_{огр} = Q_{конв.} + Q_{с.р} \quad (1.2.8)$$

Тепло що надходить від сонячної радіації може бути врахований до складу умовної температури $t_{ум}$ рівною:

$$t_{ум} = t_{н} + \Delta t_{с.р} \quad (1.2.9)$$

де $t_{н}$ - середня за добу температура повітря в найспекотніший місяць літа дорівнює 28,6 $^\circ\text{C}$

					БКВ04. 011. 000 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Пішпис	Дата		8

$\Delta t_{c.p}$ - додаткова складова, що підвищує температуру біля стіни або перекриття, обумовлена дією сонячної радіації.

Кількість тепла що надходить на поверхню від сонячної радіації визначається середньої кількості тепла за добу $J_{c.p}$ для даної стіни з врахуванням її орієнтації по сторонах світу. Чисельно оцінити величину $\Delta t_{c.p}$ можна по аналогії припливу тепла за рахунок різниці температур повітря та стіни $q = \alpha_{ззов} \cdot (t_H - t_{CT})$ прийнявши припущення що:

$$Q_{c.p} = \alpha_{ззов} \cdot (t_{c.p} - t_{CT}) = J_{c.p} \quad (1.2.10)$$

Прийнявши це припущення, можна припустити що є якась умовна температура, яка враховує тепло від сонячної радіації:

$$q = \alpha_{ззов} \cdot (t_H + t_{c.p} - t_{CT}) = \alpha_{ззов} \cdot (t_H - t_{CT}), \quad (1.2.11)$$

$$t_{ум} = t_H + \rho \cdot J_{c.p} / \alpha_{ззов}. \quad (1.2.12)$$

де $J_{c.p}$ – променисте тепло;

ρ - коефіцієнт поглинання тепла сонячної радіації, який враховує віддзеркалення частки сонячної радіації (колір та тип поверхні огороження);

$\alpha_{ззов}$ – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огороження, для вертикальної поверхні $\alpha_{ззов} = 5,8 + 11,6\sqrt{\omega}$, а для горизонтальної $\alpha_{ззов} = 8,7 + 2,6\sqrt{\omega}$.

(ω – швидкість вітру коло стіни, СНІП 2.04.05-91*)

Взагалі приплив тепла до поверхні огорожі є не є постійним в часі, а коливається з певною амплітудою, яка обумовлена коливанням умовної температури з амплітудою A_t . По мірі просування теплової хвилі крізь огорожу коливання температури зменшується за рахунок поглинання тепла матеріалом огороження. Величина амплітуди коливань тепла A_q яке надходить у приміщення буде в v разів менше за амплітуду коливань тепла ззовні,

$$A_{q,внутр} = A_{q,зовні} / v \quad (1.2.13)$$

Величина залежить від тепло фізичних властивостей матеріалів які складають шари огороження:

$$v = 2^{\sum D} \cdot (0.83 + 3 \cdot \sum R / \sum D) \cdot (0.85 + 0.15 \cdot S2/S1) \quad (1.2.14)$$

					БКВ04. 011. 000 ДП ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Пішпис	Дата		

$$T_{в.ум} = t_{н.ср} + A_{тн} \cdot \theta_1 + (J_{пр} \cdot K_{інс.} + J_p \cdot K_{обл.} / \alpha_{зов}) \cdot \rho \cdot \tau_2 \quad (1.2.23)$$

Де τ_2 – коефіцієнт, що враховує затінення світлового прорізу рамою вікна, складає $\tau_2 = 0,7..0,9$;

$t_{н.ср}$ – температура зовнішнього повітря

θ_1 – гармонійні коливання, $\theta_1 = -\cos 2\pi \cdot (Z - 3 - \Delta t) / 24$, де – Z розрахунковий час, а Δt приймають рівним 1 для місцевості біля моря, для іншої місцевості 0;

$J_{пр}$, J_p – кількість теплоти відповідно прямої і розсіяної радіації, яка надходить в кожну годину розрахункової доби на вертикальну поверхню

P – приведений коефіцієнт поглинання сонячної радіації заповнений світових перерізів

$\alpha_{зов}$ – коефіцієнт тепло віддачі зовнішньої поверхні огородження, $Вт/м^2 \cdot ^\circ C$, залежне від швидкості повітря - $\alpha_{зов} = 5,8 + 11,6 \sqrt{v}$

Розрахунок зведено в «Ехел» для трьох видів вікон

Сумарне тепло згідно розрахунку в «Ехел» складе:

$$Q_{огор} = 9,15 \text{ кВт}$$

1.3 Розрахунок волого виділення:

1) від людей:

$$W^{тз}_{люд} = W_{перс} \cdot n_{перс} + W_{клієнт} \cdot n_{клієнт} \quad (1.3.1)$$

$$W^{тз}_{люд} = (20 \cdot 0,75 + 25 \cdot 0,75 + 25 \cdot 1) \cdot 108 = 6345 \text{ г/год} = 6,345 \text{ кг/год} = 0,00176 \text{ кг/с}$$

$W_{перс}$, $W_{клієнт}$ – кількість вологи

$n_{перс}$, $n_{клієнт}$ – кількість персоналу, клієнтів.

По розрахункам визначили що максимальні тепло припливи складають

$$\Sigma Q = Q_{устатк.} + Q_{люд} + Q_{огор} + Q_{осв} = 4,0 + 8,46 + 9,15 + 30,5 = 24,66 \text{ кВт}; \quad (1.3.2)$$

в період з 13:00 по 14:00 годин.

Волога виділяється тільки від людей,

$$\Sigma W = 0,00176 \text{ кг/с}$$

Промінь процесу в приміщенні буде:

$$\varepsilon = \Sigma Q / \Sigma W = 24,66 / 0,00176 = 14011 \text{ кДж/кг} \quad (1.3.3)$$

					БКВ04. 011. 000 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Пішпис	Дата		12

Визначаємо мінімальний расход зовнішнього повітря з розрахунку 60 м³/год на персонал та 20м³/год відвідувачів

$$L = (20 \cdot 60) + (50 \cdot 20) = 2200 \text{ м}^3/\text{ГОД}. \quad (1.3.4)$$

1.4 Баланс тепла та вологи в зимовий період року

Втрати тепла крізь стіни, підлогу і дах

Основні та додаткові втрати теплоти слід визначати підсумовуючи втрати теплоти через окремі огорожі, Q, Вт, з округленням до 10Вт, формулою

$$Q = n \cdot F \cdot (t_n - t_v) \cdot (1 - \sum \beta) / R \text{ кВт}. \quad (1.4.1)$$

де F - розрахункова площа огорожі, м²;

R - огорожі, м² · К/Вт, опір теплопередачі конструкції визначаємо за СНІП II-3-79 *грунті), для неутеплених підлог на ґрунті по зонах шириною 2 м, паралельним зовнішнім стінам, приймаючи R, м² · К/Вт, рівним:

R = 2,1 м² · К/Вт - для I зони;

R = 4,3 — "II";

R = 8,6 — "III";

β - додаткові втрати теплоти в частках від основних втрат: на кожну стіну, двері і вікно, якщо одне з огорож звернено на північ, схід, північний схід і північний захід і 0,1-в інших випадках 0,05;

t_v - розрахункова температура повітря, °С;

t_n - температура зовнішнього повітря для холодного періоду року, °С;

n - коефіцієнт, що приймається в залежності від положення огорожі по відношенню до зовнішнього повітря за СНІП II-3-79 **.

Тепловитрати від підлоги:

$$Q_{\text{підл.1}} = n \cdot F_1 \cdot (t_n - t_v) / R_1 \text{ кВт}. \quad (1.4.2)$$

$$Q_{\text{підл.1}} = 0,4 \cdot 70,5 \cdot (-18 - 20) / 2,1 = -510 \text{ Вт} = -0,5 \text{ кВт}.$$

$$Q_{\text{підл.2}} = n \cdot F_2 \cdot (t_n - t_v) / R_2 \text{ кВт}. \quad (1.4.3)$$

$$Q_{\text{підл.2}} = 0,4 \cdot 51,3 \cdot (-18 - 20) / 4,3 = -181,3 \text{ Вт} = -0,181 \text{ кВт}.$$

$$Q_{\text{підл.3}} = n \cdot F_3 \cdot (t_n - t_v) / R_3 \text{ кВт}. \quad (1.4.4)$$

					БКВ04. 011. 000 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Пішпис	Дата		13

$$Q_{\text{підл.3}} = 0,4 \cdot 30,79 \cdot (-18 - 20) / 8,6 = -54,4 \text{ Вт} = -0,054 \text{ кВт.}$$

$$Q_{\text{підл}} = Q_{\text{підл.1}} + Q_{\text{підл.2}} + Q_{\text{підл.3}} \text{ кВт.} \quad (1.4.5)$$

$$Q_{\text{підл}} = (-0,5) + (-0,181) + (-0,054) = -0,735 \text{ кВт.}$$

Тепловитрати від стін:

$$Q_{\text{сх.пвн.зх}}^{\text{ст}} = n \cdot F \cdot (t_{\text{н}} - t_{\text{в}}) \cdot (1 - \sum \beta) / R \text{ кВт.} \quad (1.4.6)$$

$$Q_{\text{сх.пвн.зх}}^{\text{ст}} = 1 \cdot 158 \cdot (-18 - 20) \cdot (1 - 0,1) / 1,28 = -4456 \text{ Вт} = -4,5 \text{ кВт.}$$

$$Q_{\text{пвд}}^{\text{ст}} = n \cdot F \cdot (t_{\text{н}} - t_{\text{в}}) \cdot (1 - \sum \beta) / R \text{ кВт.} \quad (1.4.7)$$

$$Q_{\text{пвд}}^{\text{ст}} = 1 \cdot 89,2 \cdot (-18 - 20) \cdot (1 - 0,05) / 1,28 = -2515,2 \text{ Вт} = -2,5 \text{ кВт.}$$

$$Q_{\text{стін}} = Q_{\text{сх.пвн.зх}}^{\text{ст}} + Q_{\text{пвд}}^{\text{ст}} \text{ кВт.} \quad (1.4.8)$$

$$Q_{\text{стін}} = -4,5 + (-2,5) = -7 \text{ кВт.}$$

Тепловитрати від вікон:

$$Q_{\text{окон}} = n \cdot F \cdot (t_{\text{н}} - t_{\text{в}}) / R \text{ кВт.} \quad (1.4.9)$$

$$Q_{\text{вікна}} = 1 \cdot 38,4 \cdot (-18 - 20) / 0,36 = -4053 \text{ Вт} = -4,05 \text{ кВт.}$$

Тепловитрати від даху:

$$Q_{\text{дах}} = n \cdot F \cdot (t_{\text{н}} - t_{\text{в}}) / R \text{ кВт.} \quad (1.4.10)$$

$$Q_{\text{дах}} = 1 \cdot 152,59 \cdot (-18 - 20) / 1,62 = -3579 \text{ Вт} = -3,6 \text{ кВт.}$$

Сумарні втрати тепла складають:

$$Q_{\text{огор}} = Q_{\text{стін}} + Q_{\text{вікна}} + Q_{\text{дах}} + Q_{\text{підлога}} \text{ кВт.} \quad (1.4.11)$$

$$Q_{\text{огор}} = (-7) + (-4,05) + (-3,6) + (-0,735) = -15,3 \text{ кВт}$$

Приплив тепла та вологи від людей

Розрахунок поводять для температури в приміщенні $+20^{\circ}\text{C}$:

$$Q_{\text{л}} = q_{\text{л}} \cdot n, \text{ кВт.} \quad (1.4.12)$$

$$Q_{\text{л}} = 150 \cdot 70 = 10500 \text{ Вт.} = 10,5 \text{ кВт.}$$

Приплив тепла від штучного освітлення.

$$Q_{\text{осв.х}} = Q_{\text{осв.т}}$$

$$Q_{\text{осв.х}} = 5,88 \text{ кВт}$$

Визначення сумарної кількості тепла та вологи що надходить до приміщення, або що видаляється в нутрі:

$$Q = -Q_{\text{огр}} + Q_{\text{осв}} + Q_{\text{л}}, \text{ кВт;} \quad (1.4.13)$$

$$Q = -15,3 + 5,88 + 10,5 = 1,08 \text{ кВт}$$

					БКВ04. 011. 000 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Пішпис	Дата		14

кількість вологи в зимовий період:

$$W = n \cdot q_{\text{п}}, \text{ кг/с.} \quad (1.4.14)$$

$$W = 70 \cdot 75 = 5250 \text{ г/год} = 5,2 \text{ кг/год} = 0,00145 \text{ кг/с}$$

Промінь процесу в зимовий розрахунковий період складе:

$$\epsilon_{\text{зима}} = Q/W, \text{ кДж/кг.} \quad (1.4.15)$$

$$E_{\text{зима}} = 1,08 / 0,00145 = 745 \text{ кДж/кг}$$

1.5 Побудова в d,h-діаграмі прямих та компенсуючих процесів обробки повітря в літній та зимовий періоди

Кондиціонування для теплої пори року

Для літнього процесу кондиціонування витрата повітря для асиміляції тепло- вологісного навантаження в приміщеннях визначимо:

$$G_1 = 2200 \text{ м}^3 / \text{год};$$

При висоті стелі $h = 3,5 \text{ (м)}$ приймаємо робочу різницю температур при якій повітря приточування асимілює надлишки вологи і тепла в приміщеннях $\Delta t_p = 5^\circ \text{C}$.

При побудові літнього режиму функціонування СКП на h-d діаграмі відзначаємо параметри зовнішнього повітря $t_{\text{н.д}}$. Відзначимо на діаграмі точку, що визначає параметри повітря в приміщенні $t_{\text{в.д}}$. На прямій $d = \text{const}$ побудованою з $t_{\text{в.д}}$ приймаємо нагрів у витяжному вентиляторі $\Delta t = 1^\circ \text{C}$ отримуємо точку $t_{\text{в.д}}'$. Будуємо процес в приміщенні і відкладаємо робочу різницю температур, що відповідає точці повітря приточування $t_{\text{п.д}}$. Будуємо процес в повітроохолоджувачі, з'єднавши $t_{\text{н.д}}$ з температурою поверхні повітроохолоджувача t_f . Приймаємо нагрів повітря в припливному повітроводі вентиляторі $\Delta t = 1^\circ \text{C}$, і будуємо $t_{\text{п.д}}'$, через яку будуємо пряму по $d = \text{const}$ до перетину з процесом в повітроохолоджувачі і отримуємо п

					БКВ04. 011. 000 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Пішпис	Дата		15

Холодна пора року

Будуємо зимовий режим функціонування СКП, для цього відзначаємо на діаграмі точку зимового зовнішнього повітря $t_{Н_3}$, будуємо пряму $d = const$ и за розрахунком підігріву в електронагрівачу отримуємо точку повітря приточування $Н_3^1$, далі за рахунок підігріву в теплоутилизаторі отримуємо точку повітря $t_{Н_3^2}$, далі за рахунок підігріву в наступному повітрянагрівачі отримаємо точку $Н_3^3$. Відзначимо на діаграмі точку, що визначає параметри повітря в приміщенні $t_{В_3}$. Далі розраховуємо ентальпію $t_{П_3}$ по формулі:

$$h_{П} = h_{В} - (Q^{ТЗ}_{зима} / G_x) \text{ кДж/кг.} \quad (1.5.1)$$

Далі будуємо процес в приміщенні $\epsilon_{зима} = 6478$ через точку $В_3$, і на лінії перетину процесу з ентальпією $t_{П_3}$ отримуємо точку $П_3$.

Далі по лінії $h = const$ через точку $П_3$ проводимо лінію до перетину з $d = const$, проведenu через $t_{Н_3}$, і отримуємо точку $Н_3^3$.

Параметри всіх точок заносимо в таблицю 3.4 і визначуваннй продуктивності всіх апаратів СКП в зимовий період року.

					БКВ04. 011. 000 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Пішпис	Дата		16

2 ВИБІР І РОЗРАХУНОК ПРИПЛИВНОЇ УСТАНОВКИ

2.1 Підбір центрального кондиціонера

За максимальним значенням витрати приточного повітря визначаємо корисну продуктивність кондиціонера:

Знаходимо сумарну масову витрату повітря для всіх приміщень :

$$G_{\max} = 2,95 \text{ кг/с.}$$

Повна корисна продуктивність кондиціонера:

$$L_{\text{кд}} = \frac{3600 \cdot G_{\max}}{\rho_v} = \frac{3600 \cdot 2,95}{1,2} = 8862 \text{ м}^3/\text{год} \quad (2.1.1)$$

для всіх приміщень

За повною продуктивністю проектуємо кондиціонер аналогічний КЦКП -0 ВЕЗАА для кожного поверху

Після вибору кондиціонера остаточно розраховуємо масову витрату припливного повітря:

$$G_{\text{ки}} = \frac{\rho_v \cdot L_{\text{кд}}^{\text{повне}}}{3600} = \frac{1,2 \cdot 9304}{3600} = 3,10, \text{ кг/с,} \quad (2.1.2)$$

За значеннями масової витрати надалі виконуються всі розрахунки тепломасообмінних апаратів.

2.2 Розрахунок поверхневого повітрянагрівача

Вихідні данні для розрахунку повітрянагрівача :початкові та кінцеві параметри повітря $t_{\text{н}} = -18^\circ\text{C}$, $t_{\text{к}} = 5^\circ\text{C}$, витрати повітря $G_{\text{в}} = 8861 \text{ м}^3/\text{час}$, початкова та кінцева температура теплоносія $t_1 = 90^\circ\text{C}$, $t_2 = 70^\circ\text{C}$.

Приймаємо повітрянагрівач ВНВ 243.1-103-090-02-3,5-04-2 кондиціонера КЦКП-10А площа фронтального перетину $0,93 \text{ м}^2$.

Масова швидкість повітря у фронтальному перетині кондиціонера КЦКП-10 $\text{кг}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$.

					БКВ04. 011. 000 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Пішпис	Дата		17

$$v\rho = \frac{G_B}{3600 \cdot F_f} \quad (2.2.1)$$

F_f – площа фронтального перетину кондиціонера, м²;

G_B – витрата повітря кг/с;

$$v\rho = 8862 / (3600 \cdot 0,93) = 2,64 \text{ кг}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$$

Кількість теплоти для нагріву повітря, Вт:

$$Q = 0,278 \cdot c_g \cdot G_g \cdot (t_k - t_n) \quad (2.2.2)$$

c_g – теплоємність повітря;

$$Q = 0.278 \cdot 1.006 \cdot 8862 \cdot (5 - (-18)) = 57003 \text{ Вт}$$

Витрата теплоносія, кг/ч:

$$G_w = \frac{3,6 \cdot Q}{c_w \cdot (t_1 - t_2)} \quad (2.2.3)$$

c_w – теплоємність води;

$$G_w = 3.6 \cdot 57003 / (4.187(90-70)) = 2450 \text{ кг}/\text{час.}$$

Задаючись швидкістю руху теплоносія в трубах w от 1.2 до 1.5 м/с, визначаємо число ходів та площу живого перетину для проходу води.

Попередньо також маємо задатися числом рядів трубок по ходу руху повітря, p .

Загальна кількість трубок:

$$N = \frac{p \cdot H_{mp}}{h} \quad (2.2.4)$$

де H_{mp} – висота трубної решітки, м;

h – крок труб по висоті, м, для КЦКП $h = 0.05$ м.

Приймаємо $p = 1$; при $H_{mp} = 0,85$ м, загальна кількість трубок:

$$N = 1 \cdot 0,85 / 0.05 = 17$$

Розраховуємо число трубок, які підключаються до колектора, який подає, по заданому значенню швидкості руху води в трубах:

$$m = \frac{G_w}{3600 \cdot \rho_w \cdot f_w \cdot w} \quad (2.2.5)$$

					БКВ04. 011. 000 ДП ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Пішпис	Дата		

де f_w – площа живого перетину мідної трубки m^2 ; приймаємо швидкість руху води в трубках 1.6 м/с. Тоді

$$m = 2450 / (3600 \cdot 1000 \cdot 0.0001108 \cdot 1.6) = 3,8$$

Приймаємо $m = 4$ та визначаємо число ходів

$$n = \frac{N}{m} \quad (2.2.6)$$

$$n = 17 / 4 \approx 4$$

Уточнюємо швидкість руху води в трубках:

$$w = \frac{G_w}{3600 \cdot \rho_w \cdot f_w \cdot m} \quad (2.2.7)$$

$$w = 2450 / (3600 \cdot 1000 \cdot 0.0001108 \cdot 4) = 1,53 \text{ м/с}$$

Визначаємо коефіцієнт теплопередачі, $K \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$

$$k = A \cdot (v\rho)^{0,37} \cdot w^{0,18} \quad (2.2.8)$$

A – емпіричний коефіцієнт, який визначається за результатами випробувань в залежності від конструкції теплообмінника.

$$k = 23,11 \cdot (2,64)^{0,37} \cdot 1,53^{0,18} = 35,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

Середня логарифмічна різниця температур замінюється різницею середніх температур води та повітря:

$$\Delta t_{cp} = \frac{t_1 + t_2}{2} - \frac{t_n + t_k}{2} \quad (2.2.9)$$

$$\Delta t_{cp} = (90 + 70) / 2 - (-18 + 5) / 2 = 86,5 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Знаходимо потрібну площу поверхні теплообміну:

$$F = \frac{Q}{k \cdot \Delta t_{cp}} \quad (2.2.10)$$

$$F = 57003 / (35,7 \cdot 86,5) = 18,45 \text{ м}^2$$

При відстані між пластинами 4 мм площа поверхні теплообміну однорядного теплообмінника менш ніж $19,1 \text{ м}^2$, цього не достатньо для передачі необхідної кількості теплоти. Приймаємо відстань між пластинами 1,8 мм і повторюємо розрахунок.

					БКВ04. 011. 000 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Пішпис	Дата		19

$$k = 20,94 \cdot (2,64)^{0,37} \cdot 1,53^{0,18} = 33,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$$

$$F = 57003 / (33,3 \cdot 86,5) = 19,78 \text{ м}^2$$

Площа поверхні теплообміну однорядного теплообмінника при відстані між пластинами 1,8 мм – 19,78 м².

Знаходимо коефіцієнт запасу:

$$a = (19,78 - 18,45) / 19,78 \cdot 100 = 6,7\%$$

Аеродинамічний опір повітронагрівача:

$$\Delta P_a = B \cdot (v\rho)^m \quad (2.2.11)$$

B, m – емпіричні коефіцієнти;

$$\Delta P_a = 2,104 \cdot 2,64^{1,64} = 10,33 \text{ кПа}$$

Гідравлічний опір повітронагрівача:

$$\Delta P_w = 1,968 \cdot l_{\text{хода}} \cdot w^{1,69} \quad (2.2.12)$$

де $l_{\text{хода}}$ – приведена довжина ходу води в трубках визначається як множення числа ходів на довжину трубок.

$$\Delta P_w = 1,968 \cdot (1,02 \cdot 4) \cdot 1,53^{1,69} = 16,47 \text{ кПа}$$

2.3 Розрахунок охолоджувача повітря

Повітроохолоджувачем прийнято називати теплообмінний апарат, призначений для охолодження (а в більшості випадків і для осушення) повітря. Рух повітря в повітроохолоджувачах - примусовий.

Процес охолодження і осушення повітря в повітроохолоджувачі протікає в наступній послідовності: в перших рядах по ходу повітря охолоджується при постійному вологовмісті; найбільш інтенсивне охолодження повітря відбувається в нижній частині обрешітки в місцях, де ребра примикають до поверхні трубок, в тих рядах повітроохолоджувача, де охоложене повітря зустрічається з поверхнею обрешітки, що має температуру нижче за точку роси потоку повітря, починається процес конденсації вологи з повітря; найбільша конденсація вологи матиме місце в останніх рядах повітроохолоджувача. По висоті ребра, інтенсивність волого випадіння при

					БКВ04. 011. 000 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Пішпис	Дата		20

яка з'єднує точку з вхідними параметрами повітря, $t_{вх}=26,6^{\circ}\text{C}$,
 $h_{вх}=54,8\text{кДж/кг}$ та точку на лінії насичення $\phi=1$ при $t_{н}=12,55^{\circ}\text{C}$.
 Ентальпія точки яка відповідає параметрам повітря на виході з
 повітроохолоджувача складатиме $h_{вих}=40,1\text{кДж/кг}$, та $t_{вих}=16,5^{\circ}\text{C}$.

Початкові данні для розрахунку:

$t_{в1}=26,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ – початкова температура повітря;

$h_{в1}=54,8\text{кДж/кг}$ – початкова ентальпія повітря;

$t_{в2}=16,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ – кінцева температура повітря;

$h_{в2}=40,1\text{кДж/кг}$ – кінцева ентальпія повітря

$p=0,0002\text{м}$ – товщина ребра;

$u=0,0025\text{м}$ – крок ребер;

$d_{н}=0,012\text{м}$ – зовнішній діаметр трубки;

$d_{вн}=0,011\text{м}$ – внутрішній діаметр трубки;

$S_{тр}=0,032\text{м}$ – крок труби по висоті повітроохолоджувача;

$S=0,032\text{м}$ – крок труби по ходу повітря.

Таким чином кількість тепла що треба відвести від повітря в
 повітроохолоджувачі складе:

$$Q_0 = G_{в} \cdot (h_{вх} - h_{вих}) = 2,5 \cdot (54,8 - 40,1) = 36,75 \text{ кВт.} \quad (2.3.3)$$

Знаходимо коефіцієнт волого випадіння:

$$\varepsilon_i = (h_{вх} - h_{вих}) / c_p \cdot (t_{вх} - t_{вих}) = (54,8 - 40,1) / 1,005 \cdot (26,6 - 16,5) = 1,44 \quad (2.3.4)$$

де c_p - теплоємність повітря, що визначають по середній температурі.

Визначимо живий перетин апарату прийняв швидкість повітря в вузькому
 перетині повітроохолоджувача $\omega=5\text{м/с}$:

$$F_{ж} = G_{в} / (\rho_{в} \cdot \omega) = 2,5 / (1,17 \cdot 5) = 0,42 \text{ м}^2 \quad (2.3.5)$$

Загальна довжина труби по фронту повітроохолоджувача, м

$$L_1 = F_{ж} / ((S_{тр} - d_{н}) \cdot (1 - \delta_p / u)) = 0,42 / ((0,032 - 0,012) \cdot (1 - 0,0002 / 0,0025)) = 22,8 \text{ м} \quad (2.3.6)$$

Еквівалентний діаметр для розрахунку числа Рейнольдса та Нусельта, м:

$$d_{екв} = (2 \cdot (S_{тр} - d_{н}) \cdot (u - \delta_p)) / ((S_{тр} - d_{н}) + (u - \delta_p)), \text{ м} \quad (2.3.7)$$

$$d_{екв} = (2 \cdot (0,032 - 0,012) \cdot (0,0025 - 0,0002)) / ((0,032 - 0,012) + (0,0025 - 0,0002)) = 0,0041 \text{ м}$$

						БКВ04. 011. 000 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Пішпис	Дата			22

Число Рейнольдса для повітря,

$$Re = w \cdot d_{\text{екв}} / \nu = 5 \cdot 0,0041 / 16 \cdot 10^{-6} = 1281 \quad (2.3.8)$$

де ν - коефіцієнт кінематичної в'язкості повітря при середній температурі повітря t , $\nu = 16 \cdot 10^{-6}$ м²/с.

Довжина пластини ребра по ходу повітря, м,

$$L = a \cdot S = 4 \cdot 0,032 = 0,128 \text{ м}, \quad (2.3.9)$$

де a – число ходів проти ходу повітря, (приймаємо $a = 4$).

Значення критерію Нуссельта для обтіканні повітрям шахових пучків труб з пластинчатими ребрами визначаються залежністю:

$$Nu = 0.178 \cdot Re^{0.6} \cdot (L/d_{\text{екв}})^{-0.14} \quad (2.3.10)$$

$$Nu = 0,178 \cdot 1281^{0.6} \cdot (0,128/0,0041)^{-0.14} = 15,3$$

Коефіцієнт тепловіддачі з боку повітря:

$$\alpha_{\text{в}} = (Nu \cdot \lambda_{\text{в}}) / d_{\text{екв}} = (15,3 \cdot 0,024) / 0,0041 = 89,56 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}), \quad (2.3.11)$$

де λ - коефіцієнт теплопровідності повітря при середній температурі повітря t , Вт/(м·К).

Зовнішня поверхня труби між ребрами, м²/м

$$F'_{\text{тр}} = \pi \cdot d_{\text{н}} \cdot (1 - \delta_{\text{р}} / u) = 3,14 \cdot 0,012 \cdot (1 - 0,0002 / 0,0025) = 0,034 \text{ м}^2/\text{м}. \quad (2.3.12)$$

Поверхня ребер,

$$F_{\text{р}} = 2 / u (S \cdot S_{\text{тр}} - (\pi \cdot d_{\text{н}}^2 / 4)) = 2 / 0,0025 \cdot (0,032^2 - 3,14 \cdot 0,012^2 / 4) = 0,729 \text{ м}^2/\text{м} \quad (2.3.13)$$

Зовнішня поверхня оребреної труби, м²/м

$$F_{\text{н}} = F'_{\text{тр}} + F_{\text{р}} = 0,034 + 0,729 = 0,763 \text{ м}^2 \quad (2.3.14)$$

Внутрішня поверхня труби, м²

$$F_{\text{вн}} = \pi \cdot d_{\text{вн}} = 3,14 \cdot 0,011 = 0,0345 \text{ м}^2/\text{м} \quad (2.3.15)$$

Ступінь ефективності ребра,

$$E = th(mh') / mh' \quad (2.3.16)$$

Коефіцієнт диференціального рівняння теплопередачі в ребрі:

$$m = \sqrt{((2 \cdot \alpha_{\text{в}}) / (\delta_{\text{р}} \cdot \lambda_{\text{р}}))} = \sqrt{((2 \cdot 89,56) / (0,0002 \cdot 209))} = 65,4 \quad (2.3.17)$$

де $\lambda_{\text{р}} = 209$ Вт/м·К – коефіцієнт теплопровідності алюмінієвих ребер.

Коефіцієнт ρ для ребер при шаховому розташуванні труб, $\rho = S / d_{\text{н}}$

					БКВ04. 011. 000 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Пішпис	Дата		23

$$\rho' = 1.27 \cdot \rho \cdot \sqrt{((2 \cdot S/S_{\text{тр}}) - 0.3)} = 1.27 \cdot 0,032/0,012 \cdot \sqrt{((2 \cdot 0,032)/0,032) - 0,3} = 4,42 \quad (2.3.18)$$

Умовна висота ребра,

$$h' = ((S_{\text{тр}} - d_{\text{н}})/2) \cdot (1 + 0.35 \cdot \ln \rho') \quad (2.3.19)$$

$$h' = ((0,032 - 0,012)/2) \cdot (1 + 0,35 \cdot \ln 4.42) = 0.0152$$

Ступінь ефективності ребра,

$$E = (\text{th}(mh'))/mh' = \text{th}(65.4 \cdot 0.0152)/65.4 \cdot 0.0152 = 0.99 \quad (2.3.20)$$

де th - гіперболічний тангенс.

Ступінь ефективності ребра E завжди менше одиниці, оскільки середня температура поверхні ребра менше температури його підстави.

Коефіцієнт тепловіддачі з боку повітря, приведений до внутрішньої поверхні труби, Вт/(м²·К):

$$\alpha_{\text{в.пр.}} = \alpha_{\text{в.}} \cdot \varepsilon_i \cdot (F_p/F_{\text{вн}} \cdot E + F'_{\text{тр}}/F_{\text{вн}}), \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad (2.3.21)$$

$$\alpha_{\text{в.пр.}} = 89,56 \cdot 1,29 \cdot (0,729/0,0345 \cdot 0,99 + 0,0347/0,0345) = 2533$$

Питома тепловий потік в апараті з боку повітря віднесений до внутрішньої поверхні трубки, Вт/м²,

$$q_{\text{в}} = \alpha_{\text{в.пр.}} \cdot (t_{\text{ст}} - t_{\text{в}}) \text{ Вт}/\text{м}^2 \quad (2.3.22)$$

Коефіцієнт тепловіддачі з боку холодильного агента при кипінні в трубках повітроохолоджувача обирається за рівнянням, Вт/(м²·К):

$$\alpha_a = B \cdot q_a^4 \cdot (W\rho)^{0.4} \cdot d_{\text{вн}}^{-0.6}, \text{ кВт}/\text{м}^2 \cdot \text{К} \quad (2.3.23)$$

де A - коефіцієнт який залежить від властивостей агента та температури кипіння, для хладону R407C та $t_{\text{кип}} = +5^{\circ}\text{C}$, $A = 0,00637$;

$W\rho$ – масова швидкість киплячого агента в трубках повітроохолоджувача, при $\rho = 1265,5 \text{ кг}/\text{м}^3$, прийнятої швидкості $W = 0,135 \text{ м}/\text{с}$, складе $W\rho = 171 \text{ кг}/\text{м}^2 \cdot \text{с}$.

Представивши тепловий потік як $q_a = \alpha_a \cdot (t_{\text{ст}} - t_a)$, після перетворень запишемо:

$$\alpha_a = B^{1.667} \cdot (t_{\text{ст}} - t_a)^{0.667} \cdot W\rho^{0.667}/d, \text{ кВт}/\text{м}^2 \cdot \text{К} \quad (2.3.24)$$

Тепловий потік з боку холодильного агента буде:

$$q_a = \alpha_a \cdot (t_{\text{ст}} - t_a), \text{ кВт}/\text{м}^2, \text{ або}$$

$$q_a = B^{1.667} \cdot (t_{\text{ст}} - t_a)^{0.667} \cdot W\rho^{0.667}/d \cdot (t_{\text{ст}} - t_a), \text{ кВт}/\text{м}^2, \text{ або}$$

					БКВ04. 011. 000 ДП ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Пішпис	Дата		

$$q_a = [B \cdot (t_{ст} - t_a)]^{1.667} \cdot W_p^{0.667} / d, \text{ Вт/м}^2 \quad (2.3.25)$$

Вирішуємо спільно рівняння для питомої теплового потоку з боку повітря і з боку агента, методом послідовного наближення, задаючись температурою стінки $t_{ст}$ в інтервалі температур $t_v \div t_{кіп}$,

$$q_v = \alpha_{a.пр.} \cdot (t_{ст} - t_a) \quad (2.3.26)$$

$$q_a = 1000 \cdot [B \cdot (t_{ст} - t_a)]^{1.667} \quad (2.3.27)$$

В результаті рішення системи цих двох рівнянь знаходимо значення температури стінки $t_{ст}$. Визначаємо температуру стінки з точністю до 0,010С і отримуємо що при $t_{ст}=11,980\text{С}$ питомий тепловий потік складе

$$q = q_a = q_v = 14333 \text{ Вт/м}^2.$$

Внутрішня поверхня теплообміну при цьому питомому теплому потоку буде,

$$F_{общ} = Q_k / q = 26276 / 14333 = 18,51, \text{ м}^2 \quad (2.3.28)$$

Загальна довжина оребрених труб (без калачів), м:

$$L_{общ} = F_{вн} / \pi \cdot d_{вн} = 1,851 / 3,14 \cdot 0,011 = 53,6 \text{ м} \quad (2.3.29)$$

Число труб по ходу повітря ми прийняли $a=4$, а в поперечному перерізі при швидкості повітря $\omega=6\text{м/с}$ довжина труб поперек руху повітря було пораховано, $L_1=19,38\text{м}$, тому загальна довжина оребрених труб (без калачів) складе, м:

$$L_{общ} = L_1 \cdot a = 22,8 \cdot 4 = 91,2 \text{ м} \quad (2.3.29)$$

Основні конструктивні розміри апарату.

При загальній витраті хладону $G_a = 0,197 \text{ кг/с}$, площі однієї трубки $F_{січ} = \pi \cdot d^2 / 4 = 0,785 \cdot 0,011^2 = 9,5 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2$ та швидкості хладону в трубки $W=0,13\text{м/с}$ знаходимо скільки потрібно секцій в повітроохолоджувачі:

$$G_a = n \cdot F_{січ} \cdot \rho_a \cdot W, \text{ кг/с}, \quad (2.3.30)$$

$$n = G_a / (F_{січ} \cdot \rho_a \cdot W), \text{ шт.} \quad (2.3.31)$$

$$n = 0,197 / (9,5 \cdot 10^{-5} \cdot 1265,5 \cdot 0,135) = 12, \text{ шт.},$$

Визначаємо кількість горизонтальних труб в живому перерізі:

$$n_{тр} = L_1 / B = 22,8 / 0,745 = 30 \text{ шт.}, \quad (2.3.32)$$

де B ширина апарату, приймаємо до визначення цілого числа труб.

Тоді висота апарату:

					БКВ04. 011. 000 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Пішпис	Дата		25

$$H = n_{\text{тр}} \cdot S_{\text{тр}} = 30 \cdot 0.032 = 0.96 \text{ м.} \quad (2.3.33)$$

Коефіцієнт теплопередачі апарату,

$$k = q/\theta_T = 1433/17,23 = 831,4 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad (2.3.34)$$

Загальна зовнішня поверхня повітроохолоджувача:

$$F_{\text{общ}} = L_{\text{общ}} \cdot F_H = 91,2 \cdot 0,763 = 63,6 \text{ м}^2 \quad (2.3.35)$$

Аеродинамічний опір шахових пучків труб з пластинчатим ребрам знаходимо за формулою Д.М.Иоффе, Па:

$$\Delta P = 0.233 \cdot a \cdot (S/u - \delta) \cdot (\omega \cdot \rho)^{1.8}, \text{ Па} \quad (2.3.36)$$

$$\Delta P = 0.233 \cdot 4 \cdot (0,032/(0,0025 - 0,0002)) \cdot (6,5 \cdot 1,17)^{1.8} = 499,8 \text{ Па}$$

Розрахункову потужність двигунів вентиляторів для цього апарату визначаємо по виразу:

$$N = V_B \cdot (\Delta P / \eta_B \cdot \eta_{\text{дв}}) \text{ кВт.} \quad (2.3.37)$$

$$N = 2,139 \cdot 500 / 0,78 \cdot 0,8 \cdot 1000 = 1,8 \text{ кВт}$$

де η_B - ккд вентилятора, $\eta_B = 78\%$;

$\eta_{\text{дв}}$ - ккд електродвигуна, $\eta_{\text{дв}} = 80\%$.

2.4 Розрахунок адіабатної камери зрошування

Параметри початкового і кінцевого стану повітря $h_{\text{в.н}} = 25 \text{ кДж/кг}$, $t_{\text{в.н}} = 22,8^\circ \text{С}$, $t_{\text{в.к}} = 16^\circ \text{С}$. Витрата повітря через камеру зрошування $G_{\text{ок}} = 13370 \text{ м}^3/\text{ч}$. Температура «мокрого» термометра $t_{\text{мт}} = 8,2^\circ \text{С}$. Керуючись [5]

Знайдемо необхідний коефіцієнт адіабатної ефективності:

$$E = \frac{22,8 - 16}{22,8 - 8,2} = 0,47 \quad (2.4.1)$$

Для кожного типорозміру форсункової блок-камери указується три можливі величини показника $E_a = 0,95$, $E_a = 0,85$, $E_a = 0,65$. Отримання різних величин показників E_a отримуємо шляхом зміни витрати води перед форсунками. Інтенсивність зрошення водою повітряного потоку прийнято оцінювати через показник В- коефіцієнт зрошення .

$$B = \frac{G_w}{L_{\text{п}} \cdot \rho_{\text{п}}}, \text{ кг води/кг повітря} \quad (2.4.2)$$

						БКВ04. 011. 000 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Пішпис	Дата			26

У складі припливних і витяжних установок КЦКП поставляють два види блоків, що фільтрують : осередкові фільтри з трьома видами матеріалу, що фільтрує, і кишенькові фільтри.

Робота повітряних фільтрів характеризується наступними показниками: ефективністю очищення, пилеємністю, питомим повітряним навантаженням.

В кишенькових фільтрах поверхня матеріалу, що фільтрує, збільшена шляхом його кишенькового розташування. Це дозволяє значно збільшити фронтальний перетин і поверхню фільтру для проходження через нього повітря, що очищається. Розвиток поверхні, що фільтрує, дає можливість знизити питомі повітряні навантаження на фільтр.

Як фільтрувальний матеріал в кишенькових фільтрах застосовуються полотна з гнучких зв'язаних волокон або матеріал з іглопробивними отворами.

Міра очищення повітря від пилу оцінюється показником ефективності очищення

$$A_m = ((C_{вх} - C_{вых})/C_{вх}) \cdot 100\% \quad (2.5.1)$$

Концентрація пилу в припливному зовнішньому повітрі на вході у фільтр $C_{вх}$, мг/м³ характеризує початкову запиленість. Для житлових районів промислових міст $C_{вх} = 0,5$ мг/м³.

Обчислимо запиленість припливного повітря на виході з кишенькового фільтру при $A_m = 92\%$ Керуючись [5]

$$C_{вых} = C_{вх} - (A_m \cdot C_{вх})/100, \text{ мг/м}^3, \quad (2.5.2)$$

$$C_{вых} = 0,5 - (92 \cdot 0,5)/100 = 0,04 \text{ мг/м}^3$$

Для оцінки пропускнуої спроможності фільтрів застосовується показник питомого навантаження

$$УФ = L/F_\phi, \text{ м}^3/\text{ч} \cdot \text{м}^2 \quad (2.5.3)$$

Де F_ϕ – фронтальна поверхня матеріалу, що фільтрує, м²;

$$УФ = 13370/12,4 = 1078,22 \text{ м}^3/\text{ч} \cdot \text{м}^2$$

Обчислюємо час роботи фільтру

						БКВ04. 011. 000 ДП ПЗ	Арк.
							28
Змн.	Арк.	№ докум.	Пішпис	Дата			

$$\tau_{\phi} = \text{ПФ} \cdot 1000 \cdot \frac{F_{\phi}}{[(C_{\text{вх}} - C_{\text{вых}}) \cdot L]}, \text{ ч}, \quad (2.5.4)$$

де L – витрата очищуваного повітря, що проходить через фільтр, $\text{м}^3/\text{ч}$;

F_{ϕ} – фронтальна поверхня матеріалу, що фільтрує, м^2 ;

$C_{\text{вх}}, C_{\text{вых}}$ – концентрація маси пилу до і після фільтру, $\text{мг}/\text{м}^3$.

$$\tau_{\phi} = 570 \cdot 1000 \cdot \frac{12.4}{[[0.5_x - 0.04] \cdot 13370]} = 1149,2 \text{ год.}$$

Тривалість в робочих днях експлуатації кишенькових фільтрів

$$\tau = \frac{\tau_{\phi}}{\tau_{\text{сут}}}, \text{ днів} \quad (2.5.5)$$

$$\tau = \frac{1149}{12} = 96, \text{ днів}$$

В порівнянні з осередковим фільтром використання кишенькового фільтру дозволяє в 4 рази збільшити термін експлуатації фільтру без заміни фільтруючого матеріалу або його реактивації.

					БКВ04. 011. 000 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

3 ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ВЕНТИЛЯЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ

Припливно-витяжна система повітророзподілення в більшості випадків досить громіздка. Методика їхнього розрахунку зводиться до визначення перетинів повітровід і втрат напору, як по окремих ділянках, так і в галузях.

Ціль аеродинамічного розрахунку системи повітророзподілення:

- 1) Вибір діаметрів для круглих повітровідів і розмірів перетину для прямокутних повітровідів ;
- 2) Визначення втрат тиску в системах, включаючи усмоктувальний і нагнітальний повітровіди.

При розрахунку систем повітророзподілення потрібне виконання наступних умов:

- діаметри повітроводу повинні бути стандартними;
- втрати напору в будь-якій галузі повинні бути нижче розташовуваного;
- швидкість повітря у повітроводах повинна бути в рекомендуючих межах;
- швидкість повітря в магістральних ділянках у напрямку руху повітря повинна зменшуватися;
- діаметр будь-якої збірної ділянки повинен бути більше або дорівнює діаметру підходящих до нього відгалужень.

По кожній розраховуваній системі задаємося наступними вихідними даними:

- максимальна швидкість повітря, що допускає на окремих ділянках;
- конфігурація мережі й форма перетинів повітроводу;
- матеріал повітровода;
- витрата повітря й довжини ділянок;
- характеристик повітроводу (кінцевий, магістральний);

						БКВ04. 011. 000 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Пішпис	Дата			30

- задані коефіцієнти місцевих опорів на ділянках без обліку коефіцієнта місцевих опорів трійників і хрестовин.

Вичерчуємо в аксонометрії аксонометричну схему магістрального повітроводу й розбиваємо його на ділянки.

Розрахунок мережі повітроводів для системи

Корисний об'єм повітря для систем визначається по формулі:

$$L=G \cdot 3600 / \rho, \quad (3.1)$$

де $\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$ - щільність повітря.

Для системи корисна об'ємна витрата повітря буде рівна:

$$L=8861 \text{ м}^3 / \text{ч},$$

Для ділянки №1 повітроводу магістрального знаходимо витрату повітря

$$L_{\text{УЧАСТОК}\#1} = \frac{L_1}{3} \quad (3.2)$$

$$L_{\text{УЧАСТОК}\#1} = 8861 / 3 = 2953 \text{ м}^3 / \text{с}$$

задаємось швидкістю повітря $v = 5 \text{ м/с}$

Знаходимо діаметр повітроводу:

$$d = (L / (3600 \cdot 0,785 \cdot v))^{0,5} \quad (3.3)$$

$$d = (2953 / (3600 \cdot 0,785 \cdot 5))^{0,5} = 0,45 \text{ м}$$

Приймаємо повітропровід діаметром: $d = 0,55 \text{ м}$

Уточнимо швидкість у повітропроводі:

$$V_{\text{в. факт.}} = L / (3600 \cdot 0,785 \cdot d^2) \quad (3.4)$$

$$V_{\text{в. факт.}} = 2953 / (0,785 \cdot 3600 \cdot 0,45^2) = 3,46 \text{ м/с.}$$

Число Рейнольдса визначаємо по формулі:

$$Re = \frac{v_{\text{в. факт.}} \cdot d_{\text{екв.}}}{\nu} \quad (3.5)$$

$$Re = (3,46 \cdot 0,55) / 0,0000156 = 1144745, \text{ де } d_{\text{екв}} = d$$

ν - кінематичний коефіцієнт в'язкості, приймаємо рівним

$$\nu = 15,6 \cdot 10^{-6} \left(\frac{\text{м}^3}{\text{с}} \right). \quad (3.6)$$

Коефіцієнт опору для розвиненого турбулентного руху визначається як:

					БКВ04. 011. 000 ДП ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Пішпис	Дата		

$$\lambda = 0,3164 / \text{Re}^{0,25} . \quad (3.7)$$

$$\lambda = 0,3164 / 1144745^{0,25} = 0,01$$

Динамічний натиск розраховуємо по формулі:

$$\Delta p_{\text{дин.}} = \frac{\rho \cdot v_{\text{в.факт}}^2}{2} . \quad (3.8)$$

$$\Delta p_{\text{дин.}} = (1,2 \cdot 3,46^2) / 2 = 14,32$$

Величину параметра R визначимо:

$$R = \frac{\lambda}{d_{\text{екв.}}} \cdot \Delta p_{\text{дин.}} . \quad (3.9)$$

$$R = (0,01 / 0,55) \cdot 14,32 = 2,60$$

Втрати тиску по довжині воздуховодів визначаються:

$$\Delta p_l = R \cdot l . \quad (3.10)$$

$$\Delta p_l = 0,54 \cdot 2,3 = 1,25$$

Втрати тиску на ділянках в місцях місцевих опорів визначаються:

$$\Delta p_{\xi} = \xi \cdot \Delta p_{\text{дин.}} + \Delta p_{\text{решетки}} \quad (3.11)$$

$$\Delta p_{\xi} = 0,24 + 0,25 \cdot 14,32 + 19 = 22,80$$

Коефіцієнти місцевих опорів:

- коліно $\xi = 0,24$;
- конфузор $\xi = 0,25$.

Т.ч. втрати на ділянці підсумовуються, і визначається сумарне падіння тиску:

$$\Delta P_{\text{уч.}} = \sum \Delta p_l + \sum \Delta p_{\xi} . \quad (3.12)$$

$$\Delta P_{\text{уч.}} = 1,25 + 22,8 = 24,05$$

Для ділянки №2 повітроводу магістрального знаходимо витрату повітря

$$L_{\text{УЧАСТОК}\#2} = L_{\text{П}} - L_{\text{УЧАСТОК}\#1} \quad (3.13)$$

$$L_{\text{УЧАСТОК}\#2} = 8861 - 2953 = 5908 \text{ м}^3 / \text{с}$$

Задаємось швидкістю повітря $v = 5 \text{ м/с}$

Знаходимо діаметр повітроводу:

$$d = (L / (3600 \cdot 0,785 \cdot v))^{0,5} \quad (3.14)$$

					БКВ04. 011. 000 ДП ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Пішпис	Дата		

$$d = (5908 / (3600 \cdot 0,785 \cdot 5))^{0,5} = 0,64 \text{ м}$$

Приймаємо повітропровід діаметром: $d=0,70 \text{ м}$

Уточнимо швидкість у повітропроводі:

$$V_{\text{в. факт.}} = L / (3600 \cdot 0,785 \cdot d^2) \quad (3.15)$$

$$V_{\text{в. факт.}} = 5908 / (0,785 \cdot 3600 \cdot 0,64^2) = 4,27 \text{ м/с.}$$

Число Рейнольдса визначаємо по формулі:

$$Re = \frac{v_{\text{в. факт.}} \cdot d_{\text{екв.}}}{\nu} \quad (3.16)$$

$$Re = (4,27 \cdot 0,7) / 0,0000156 = 191602, \text{ де } d_{\text{екв}} = d,$$

ν - кінематичний коефіцієнт в'язкості, приймаємо рівним

$$\nu = 15,6 \cdot 10^{-6} \left(\frac{\text{м}^3}{\text{с}} \right).$$

Коефіцієнт опору для розвиненого турбулентного руху визначається як:

$$\lambda = 0,3164 / Re^{0,25} \quad (3.17)$$

$$\lambda = 0,3164 / 191602^{0,25} = 0,015$$

Динамічний натиск розрахуємо по формулі:

$$\Delta p_{\text{дин.}} = \frac{\rho \cdot v_{\text{в. факт.}}^2}{2} \quad (3.18)$$

$$\Delta p_{\text{дин.}} = (1,2 \cdot 4,27^2) / 2 = 10,93$$

Величину параметра R визначимо:

$$R = \frac{\lambda}{d_{\text{екв.}}} \cdot \Delta p_{\text{дин.}} \quad (3.19)$$

$$R = (0,015 / 0,70) \cdot 10,93 = 0,23$$

Втрати тиску по довжині воздуховодів визначаються:

$$\Delta p_l = R \cdot l \quad (3.20)$$

$$\Delta p_l = 0,23 \cdot 2,3 = 0,52$$

Втрати тиску на ділянках в місцях місцевих опорів визначаються:

$$\Delta p_{\xi} = \xi \cdot \Delta p_{\text{дин.}} + \Delta p_{\text{решетки}} \quad (3.21)$$

$$\Delta p_{\xi} = 0,24 + 0,25 \cdot 10,63 + 19 = 21,8$$

Коефіцієнти місцевих опорів:

					БКВ04. 011. 000 ДП ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Пішпис	Дата		

- трийник $\xi = 0,24$;
- конфузор $\xi = 0,25$.

Т.ч. втрати на ділянці підсумовуються, і визначається сумарне падіння тиску:

$$\Delta P_{\text{уч.}} = \sum \Delta p_l + \sum \Delta p_{\xi} \quad (3.22)$$

$$\Delta P_{\text{уч.}} = 0,52 + 21,8 = 22,32$$

Для ділянки №3 повітроводу магістрального знаходимо витрату повітря

$$L_{\text{УЧАСТОК№3}} = L_1^{\text{II}} \quad (3.23)$$

$$L_{\text{УЧАСТОК№3}} = 8861 \text{ м}^3 / \text{с}$$

Задаємо швидкістю повітря $v = 5 \text{ м/с}$

Знаходимо діаметр повітроводу:

$$d = (L / (3600 \cdot 0,785 \cdot v))^{0,5} \quad (3.24)$$

$$d = (8861 / (3600 \cdot 0,785 \cdot 5))^{0,5} = 0,79 \text{ м}$$

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

Уточнимо швидкість у повітропроводі:

$$V_{\text{в. факт.}} = L / (3600 \cdot 0,785 \cdot d^2) \quad (3.25)$$

$$V_{\text{в. факт.}} = 8861 / (0,785 \cdot 3600 \cdot 0,85^2) = 4,33 \text{ м/с.}$$

Число Рейнольдса визначаємо по формулі:

$$Re = \frac{v_{\text{в. факт.}} \cdot d_{\text{екв.}}}{\nu} \quad (3.26)$$

$$Re = (4,33 \cdot 0,85) / 0,0000156 = 245336$$

де $d_{\text{екв.}} = d$

ν - кінематичний коефіцієнт в'язкості, приймаємо рівним

$$\nu = 15,6 \cdot 10^{-6} \left(\frac{\text{м}^3}{\text{с}} \right).$$

Коефіцієнт опору для розвиненого турбулентного руху визначається як:

$$\lambda = 0,3164 / Re^{0,25} \quad (3.27)$$

$$\lambda = 0,3164 / 245336^{0,25} = 0,0142$$

Динамічний натиск розрахуємо по формулі:

					БКВ04. 011. 000 ДП ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta p_{\text{дин.}} = \frac{\rho \cdot v_{\text{в.факт.}}^2}{2} \quad (3.28)$$

$$\Delta p_{\text{дин.}} = (1.2 \cdot 4.33^2) / 2 = 11.24$$

Величину параметра R визначимо:

$$R = \frac{\lambda}{d_{\text{екв.}}} \cdot \Delta p_{\text{дин.}} \quad (3.29)$$

$$R = (0.0142 / 0.85) \cdot 11.24 = 0.187$$

Втрати тиску по довжині воздуховодів визначаються:

$$\Delta p_l = R \cdot l \quad (3.30)$$

$$\Delta p_l = 0.187 \cdot 2.3 = 0.43$$

Втрати тиску на ділянках в місцях місцевих опорів визначаються:

$$\Delta p_{\xi} = \xi \cdot \Delta p_{\text{дин.}} + \Delta p_{\text{решетки}} \quad (3.31)$$

$$\Delta p_{\xi} = 0.24 + 0.25 \cdot 11.24 + 19 = 22.05$$

Коефіцієнти місцевих опорів:

- трійник $\xi = 0,24$;

- конфузор $\xi = 0,25$.

Т.ч. втрати на ділянці підсумовуються, і визначається сумарне падіння тиску:

$$\Delta P_{\text{уч.}} = \sum \Delta p_l + \sum \Delta p_{\xi} = 0.43 + 22.05 = 22.48 \quad (3.32)$$

$$\Delta P = \sum \Delta P_{\text{уч.}} \quad (3.33)$$

$$\Delta P = 24.05 + 22.32 + 22.48 = 68.8$$

Використовуючи вказівки за розрахунком і практичним вживанням розподільників повітря компанії «Systemair Україна».

З врахуванням початкових даних визначимо типорозмір і вид розподільника повітря для системи. Приймаємо розподільник повітря марки TSD-630 Diffuser – Дифузор TSD забезпечує комфортну вентиляцію великих високих залів. Завдяки можливості регулювання повітряного струменя дифузор можна використовувати для роздачі охолодженої і нагрітого повітря. Висота установки становить від 4 до 15 метрів. Форма повітряного

					БКВ04. 011. 000 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Пішпис	Дата		35

струменя регулюється як вручну, так і за допомогою електроприводу. TSD складається з впускного конуса, внутрішнього і зовнішнього корпусів з регульованими лопатями. В режимі охолодження лопаті знаходяться у відкритому положенні (горизонтальна роздача повітря), в режимі обігріву в закритому (вертикальна роздача повітря). TSD приєднується до круглого воздуховоду безпосередньо або через приєднувальну камеру. При рівні звукової потужності: $L_A \leq 35\text{дБ}$, далькобійність струменя приточування $L_{\text{струменя}} = 4-10\text{м}$ в залежності від необхідної швидкості в приміщенні v від 0,5-0,2 відповідно. Падіння повного тиску через який складає: $\Delta p = 17\text{ Па}$.

					БКВ04. 011. 000 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Пішпис	Дата		36

5 РОЗРАХУНОК І ВИБІР ОСНОВНОГО ХОЛОДИЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ

5.1 Тепловий розрахунок компресора

Вихідними даними для розрахунку холодильної машини є кількість холоду, яку вона повинна виробити для СКП, а також режим роботи.

Для роботи холодильної машини використовуємо фреон R407C, який має достатньо хороші термодинамічні якості.

Режим роботи холодильної установки визначається температурою кипіння холодильного агента (t_0) та температурою конденсації (t_k).

Приймаємо $\Delta t_0 = 5 \text{ }^\circ\text{C}$.

Температура конденсації визначається за емпіричною залежністю:

$$t_k = t_n + (8 \dots 15) \text{ }^\circ\text{C} \quad (4.1.1)$$

$t_n = 28.6 \text{ }^\circ\text{C}$ – температура зовнішнього повітря.

$$t_k = 28,6 + 10 = 38,6 \text{ }^\circ\text{C}$$

Задаємося переохолодженням рідкого холодильного агента в конденсаторі:

$$\Delta t_k = 5 \text{ }^\circ\text{C}$$

Визначаємо температуру в точці 3:

$$t_3 = t_k - \Delta t_k, \text{ }^\circ\text{C}. \quad (4.1.2)$$

$$t_3 = 38,6 - 5 = 33,6 \text{ }^\circ\text{C}$$

Задаємося перегрівом парів холодильного агента в обмотках ел.двигуна компресора: $\Delta t_{bc} = 5 \text{ }^\circ\text{C}$.

Перегрів в випарнику- $\Delta t_0 = 5 \text{ }^\circ\text{C}$.

Визначаємо температуру в точці 1:

$$t_1 = t_0 + \Delta t_{bc}, \text{ }^\circ\text{C}. \quad (4.1.3)$$

$$t_1 = 3 + 5 = 8 \text{ }^\circ\text{C}$$

Побудуємо цикл в lgr-h діаграмі та визначимо параметри точок процесів.

					БКВ04. 011. 000 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Пішпис	Дата		37

$$q_k = h_2 - h_3 = 443 - 255 = 188 \text{ кДж/кг}; \quad (4.1.7)$$

Питома об'ємна холодовидатність:

$$q_v = \frac{q_o}{v_1} = \frac{164}{0,048} = 3417 \text{ кДж/м}^3; \quad (4.1.8)$$

$$Q_k = G_a \cdot q_k = 0,0136 \cdot 188 = 2,56 \quad (4.1.9)$$

Хол. коефіцієнт Карно:

$$\text{сop}_k = \frac{T_o}{(T_k - T_o)} = \frac{276}{(311,6 - 276)} = 7,75; \quad (4.1.10)$$

Адіабатний хол. коефіцієнт:

$$\text{сop}_a = q_o / l_{\text{км}} = 164 / 24 = 6,83; \quad (4.1.11)$$

Ступінь термодинамічної досконалості:

$$\text{сTC} = \frac{\text{сop}_a}{\text{сop}_k} = \frac{6,83}{7,75} = 0,88; \quad (4.1.12)$$

Масова витрата хол. агенту:

$$M_a = Q_o^q / q_o = 46,56 / 164 = 0,284 \text{ кг/с}; \quad (4.1.13)$$

$$Q_k = m_a \cdot q_k = 0,284 \cdot 184 = 53,4 \text{ кВт}$$

Дійсний об'єм всмоктуваного пару:

$$V_d = M_a \cdot V_{\text{вс}} = M_a \cdot V_1 = 0,284 \cdot 0,048 = 5,9 \text{ м}^3/\text{с}; \quad (4.1.14)$$

З графіку залежності виду компресора та співвідношення

$$\left(\frac{P_k}{P_o} \right) = 2,9 \text{ знаходимо коефіцієнт подачі компресора } \lambda = 0,89;$$

Теоретичний об'єм спірального компресора:

$$V_h = \frac{Q_o^q}{(\lambda \cdot q_v)} = \frac{46,56}{(0,89 \cdot 3417)} = 0,01531 \text{ м}^3/\text{с}; \quad (4.1.15)$$

Адіабатна потужність компресора:

$$N_a = M_a \cdot l_{\text{км}} = 0,284 \cdot 24 = 6,816 \text{ кВт}; \quad (4.1.16)$$

Індикаторна потужність компресора:

$$N_i = \frac{N_a}{\eta_i} = \frac{6,816}{0,9} = 7,573 \text{ кВт}, \quad (4.1.17)$$

де η_i - індикаторний к.п.д.;

Ефективна потужність компресора:

$$N_e = N_i + N_{\text{тр}} = 7,573 + 0,3 = 7,873 \text{ кВт}, \quad (4.1.18)$$

					БКВ04. 011. 000 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Пішпис	Дата		39

де $N_{тр}$ - потужність тертя, кВт;

Електрична потужність компресора:

$$N_{ел} = \frac{N_e}{\eta_{ед}} = \frac{7,873}{0,9} = 8,748 \text{ кВт}, \quad (4.1.19)$$

де $\eta_{ед}$ - к.п.д. електродвигуна, кВт;

Дійсний хол. коефіцієнт:

$$\text{сop}_д = \frac{Q_0^ч}{N_{ел}} = \frac{46,56}{8,748} = 5,32; \quad (4.1.20)$$

Ступінь термодинамічної досконалості:

$$\text{сTC} = \frac{\text{сop}_д}{\text{сop}_к} = \frac{5,32}{7,75} = 0,686 ;$$

4.2 Розрахунок повітряного конденсатора

Конденсатор служить для передачі теплоти робочої речовини охолоджуючому середовищу або джерелу теплоти високої температури. По роду охолоджуючого середовища конденсатори можна розділити на дві великі групи: з водяним і повітряним охолодженням. У даному розрахунку застосовується конденсатор повітря-охолоджуваній. Завдання теплового розрахунку полягає у визначенні площі тепловіддаючої поверхні апарату і його основних геометричних розмірів. Керуючись [11]

Теплове навантаження

$$Q_k = Q_0 + N_e, \text{ кВт}, \quad (4.2.1)$$

де Q_0 - холодовидатність, кВт;

N_e - ефективна потужність, кВт.

$$Q_k = 46,56 + 7,87 = 54,43 \text{ кВт}$$

Приймаємо $\Delta t_{\text{воз}} = 6^\circ\text{C}$,

$$t_{B2} = t_{B1} + \Delta t, \text{ }^\circ\text{C}, \quad (4.2.2)$$

де t_{B1} - зовнішня температура повітря, $^\circ\text{C}$.

$$t_{B2} = 28,6 + 6 = 34,6 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Температура конденсації

$$t_k = \frac{t_{B1} + t_{B2}}{2} + 10, \text{ }^\circ\text{C}, \quad (4.2.3)$$

					БКВ04. 011. 000 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Пішпис	Дата		40

$$t_k = \frac{28,6 + 34,6}{2} + 10 = 41,6^\circ\text{C}.$$

Середня логарифмічна різниця температур

$$\theta = \frac{\Delta T_B}{\ln \frac{T_K - T_{B1}}{T_K - T_{B2}}}, \text{ K}, \quad (4.2.4)$$

$$\theta = \frac{6}{\ln \frac{314,6 - 301,6}{314,6 - 307,6}} = 9,7 \text{ K}.$$

Витрата повітря через конденсатор

$$G_g = \frac{Q_k}{c_p \cdot \Delta T_g}, \text{ кг/с}, \quad (4.2.5)$$

$$G_g = \frac{54,43}{1,006 \cdot 6} = 9,018 \text{ кг/с},$$

$$V_B = \frac{G_B}{\rho_B}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (4.2.6)$$

де $\rho_B = 1,171 \text{ кг/м}^3$ - щільність повітря при $T_{B1} = 314,6 \text{ K}$.

$$V_g = \frac{9,018}{1,171} = 7,7 \text{ м}^3/\text{с}$$

Живий перетин апарату

$$F_{ж} = \frac{V_B}{\omega}, \text{ м}^2, \quad (4.2.7)$$

де $\omega = 7 \text{ м/с}$ – прийнята швидкість повітря.

$$F_{ж} = \frac{7,7}{7} = 1,1 \text{ м}^2,$$

Основні розміри, що характеризують поверхню теплообміну:

Зовнішній діаметр труби d_n , м -0,012

Внутрішній діаметр труби $d_{вн}$, м -0,010

Крок труб по фронту і в глибину s , м -0,024

Товщина ребер δ_p , м 0,00015

Крок ребер u , м -0,004

Матеріал труб Мідь

					БКВ04. 011. 000 ДП ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Пішпис	Дата		

Матеріал ребер -алюміній

Ребра Пластинчасті – суцільні

Розташування труб в пучку – Коридорне

Розміри апарату по фронту. Живий перетин апарату пов'язаний з основними розмірами, що характеризують поверхню теплообміну співвідношенням

$$F_{\text{ж}} = L_1 \cdot (s - d_{\text{н}}) \cdot \left(1 - \frac{\delta_{\text{п}}}{u}\right), \text{ м}^2 \quad (4.2.8)$$

Звідси загальна довжина труби в одній секції конденсатора

$$L_1 = \frac{F_{\text{ж}}}{(s - d_{\text{н}}) \cdot \left(1 - \frac{\delta_{\text{п}}}{u}\right)}, \text{ м}, \quad (4.2.9)$$

$$L_1 = \frac{1,11}{(0,024 - 0,012) \cdot \left(1 - \frac{0,00015}{0,004}\right)} = 96,104 \text{ м},$$

Коефіцієнт тепловіддачі з боку повітря, віднесений до зовнішньої поверхні оребреної труби. При коридорному розташуванні труб з пластинчастим оребренням при $Re = 500..10000$; $L/d_{\text{екв}} = 4..50$; $u/d_{\text{н}} = 0,18..0,35$; $s/d_{\text{н}} = 2..5$; $t_{\text{ж}} = -40..40$ °C

$$Nu_{\text{ж}} = c \cdot Re_{\text{ж}}^n \cdot \left(\frac{L}{d_{\text{екв}}}\right)^m \quad (4.2.10)$$

$$d_{\text{екв}} = \frac{2(s - d_{\text{н}}) \cdot (u - \delta_{\text{п}})}{(s - d_{\text{н}}) + (u - \delta_{\text{п}})}, \text{ м}, \quad (4.2.11)$$

$$d_{\text{екв}} = \frac{2(0,024 - 0,012) \cdot (0,004 - 0,00015)}{(0,024 - 0,012) + (0,004 - 0,00015)} = 0,00583 \text{ м}.$$

Число Рейнольдса

$$Re_{\text{ж}} = \frac{\omega \cdot d_{\text{екв}}}{\nu}, \quad (4.2.12)$$

де $\nu = 15,9 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 / \text{с}$ – коефіцієнт кінематичної в'язкості повітря, при $t = 28,6$

$$Re_{\text{ж}} = \frac{7 \cdot 0,00583}{15,9 \cdot 10^{-6}} = 2567.$$

					БКВ04. 011. 000 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Пішпис	Дата		42

$$\frac{u}{d_n} = \frac{0,004}{0,012} \approx 0,333; \quad (4.2.13)$$

$$\frac{s}{d_n} = \frac{0,028}{0,014} = 2 \quad (4.2.14)$$

Довжина пластини по ходу повітря L залежить від числа паралельних секцій конденсатора a і визначається по рівнянню

$$L = a \cdot s. \quad (4.2.15)$$

Коефіцієнти

$$n = 0,45 + 0,0066 \cdot \frac{L}{d_{\text{ЭКВ}}}, \quad (4.2.16)$$

$$n = 0,45 + 0,0066 \cdot 20 = 0,582,$$

$$m = -0,28 + 0,08 \cdot \frac{\text{Re}_{\text{ж}}}{1000}, \quad (4.2.17)$$

$$m = -0,28 + 0,08 \cdot \frac{2567}{1000} = -0,075,$$

$$c = A \cdot B, \quad (4.2.18)$$

$$B = 1,36 - 0,24 \cdot \frac{\text{Re}_{\text{ж}}}{1000}, \quad (4.2.19)$$

$$B = 1,36 - 0,24 \cdot \frac{2567}{1000} = 0,744,$$

$$A = f\left(\frac{L}{d_{\text{ЭКВ}}}\right) = 0,201 \quad (4.2.20)$$

$$c = 0,201 \cdot 0,744 = 0,15,$$

$$\text{Nu}_{\text{жс}} = 0,15 \cdot 2567^{0,582} \cdot (20)^{-0,075} = 11,556$$

$$\alpha_{\text{вФвн}} = \frac{\text{Nu}_{\text{ж}} \cdot \lambda_{\text{в}}}{d_{\text{ЭКВ}}}, \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}, \quad (4.2.21)$$

$$\alpha_{\text{вФвн}} = \frac{11,556 \cdot 2,63 \cdot 10^{-2}}{0,00583} = 52,13 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}.$$

де $\lambda_{\text{в}} = 2,63 \cdot 10^{-2} \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ – коефіцієнт теплопровідності повітря.

Коефіцієнт тепловіддачі з боку повітря, приведений до внутрішньої поверхні труби

					БКВ04. 011. 000 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

$$\alpha_{в.пр} = \alpha_{в} \cdot \left(\frac{F_{н}}{F_0} \cdot E + \frac{F'_{тр}}{F_0} \right) \frac{d_{н}}{d_{вн}}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}), \quad (4.2.22)$$

де $F'_{тр}$ - поверхня труби між ребрами,

$$F'_{тр} = \pi \cdot d_{н} \cdot \left(1 - \frac{\delta_p}{u} \right), \text{ м}^2/\text{м}, \quad (4.2.23)$$

$$F'_{тр} = 3,14 \cdot 0,012 \cdot \left(1 - \frac{0,00015}{0,004} \right) = 0,036 \text{ м}^2/\text{м},$$

де F_p – поверхня ребер,

$$F_p = 2 \cdot \left(s^2 - \frac{\pi \cdot d_{н}^2}{4} \right) \frac{1}{u}, \text{ м}^2/\text{м}, \quad (4.2.24)$$

$$F_p = 2 \cdot \left(0,024^2 - \frac{3,14 \cdot 0,012^2}{4} \right) \frac{1}{0,004} = 0,231 \text{ м}^2/\text{м}.$$

$F_{н}$ – зовнішня поверхня оребреної труби,

$$F_{н} = F'_{тр} + F_p, \text{ м}^2/\text{м}, \quad (4.2.25)$$

$$F_{н} = 0,036 + 0,231 = 0,267 \text{ м}^2/\text{м}.$$

F_0 – основна поверхня труби,

$$F_0 = \pi \cdot d_{н}, \text{ м}^2/\text{м}, \quad (4.2.26)$$

$$F_0 = 3,14 \cdot 0,012 = 0,038 \text{ м}^2/\text{м}$$

E – ступінь ефективності ребра,

$$E = \frac{\text{th}(m \cdot h')}{m \cdot h'}, \quad (4.2.27)$$

$$m = \sqrt{\frac{2\alpha_{в}}{\delta_p \cdot \lambda_p}}, \text{ 1/м}, \quad (4.2.28)$$

$\lambda_p = 218 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ – коефіцієнт теплопровідності алюмінію; h' - умовна висота ребра.

$$m = \sqrt{\frac{2 \cdot 52,13}{0,00015 \cdot 218}} = 56,46 \text{ 1/м},$$

$$h' = \frac{d_{н}}{2} (\rho' - 1)(1 + 0,805 \lg \rho'), \text{ м}, \quad (4.2.29)$$

					БКВ04. 011. 000 ДП ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Пішпис	Дата		

$T_{ст}, K$	$T_k - T_{ст}, K$	$q_a, Вт/м^2$	$T_{ст} - T_b, K$	$q_b, Вт/м^2$
309	5,6	3611	7,4	3212
311	3,6	2593	9,4	4080
313	1,6	1411	11,4	4948
314	0,6	676	12,4	5382

$$T_k - T_{ст} = (273 + 41,6) - 309 = 5,6$$

$$T_{ст} - T_b = 309 - (273 + 28,6) = 7,4$$

Будуємо графік: $q_{aF_{вн}} = 992 \cdot (T_k - T_{ст})^{0,75}$, $Вт/м^2$

Будуємо графік: $q_{bF_{вн}} = 434(T_{ст} - T_b) Вт/м^2$

Поверхня теплообміну (внутрішня)

$$F_{вн} = \frac{Q}{q_{F_{вн}}}, м^2, \quad (4.2.34)$$

$$F_{вн} = \frac{54,43 \cdot 10^3}{3400} = 16 м^2$$

Загальна довжина орбренних труб

$$L = \frac{F_{вн}}{\pi \cdot d_{вн}}, м, \quad (4.2.35)$$

$$L = \frac{16}{3,14 \cdot 0,01} = \frac{16}{0,0314} = 509,5 м.$$

Число секцій

$$a = \frac{L_{общ}}{L_1}, \quad (4.2.36)$$

$$a = \frac{509,5}{96,1} = 5,302 \approx 5.$$

Коефіцієнт теплопередачі

$$K_{F_{вн}} = \frac{q_{F_{вн}}}{\theta_m}, Вт/м^2 \cdot K, \quad (4.2.37)$$

$$K_{F_{вн}} = \frac{3400}{9,7} = 350,5 Вт/м^2 \cdot K.$$

					БКВ04. 011. 000 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Пішпис	Дата		46

Основні конструктивні розміри апарату. При числі секцій $a = 3$ довжина труб в одній секції:

$$L_1 = \frac{L_{\text{общ}}}{a}, \text{ м}, \quad (4.2.38)$$

$$L_1 = \frac{509,5}{5} = 101,9 \text{ м.}$$

Живий перетин

$$F_{\text{жс}} = L_1 \cdot (s - d_{\text{н}}) \cdot \left(1 - \frac{\delta_{\text{р}}}{\alpha}\right) \quad (4.2.39)$$

$$F_{\text{жс}} = 101,9 \cdot (0,024 - 0,012) \cdot \left(1 - \frac{0,00015}{0,004}\right) = 1,177 \text{ м}^2.$$

При висоті апарату рівній його ширині число рядів труб по висоті

$$n = \sqrt{\frac{L_1}{s}}, \quad (4.2.40)$$

$$n = \sqrt{\frac{101,9}{0,024}} = 65,16$$

Тоді висота апарату :

$$H = n \cdot s_1 = 65,16 \cdot 0,024 = 1,564 \text{ м} \quad (4.2.41)$$

$$l = \frac{L_1}{n} = \frac{101,9}{65,16} = 1,564 \text{ м} \quad (4.2.42)$$

Температура повітря після конденсатора

$$\Delta T_{\text{в}} = T_{\text{в2}} - T_{\text{в1}} = \frac{Q}{c_{\text{п}} \cdot F_{\text{ж}} \cdot \omega \cdot \rho}, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (4.2.43)$$

$$\Delta T_{\text{в}} = \frac{54430}{1,06 \cdot 10^3 \cdot 1,177 \cdot 7 \cdot 1,169} = 5,331 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Тут з метою збереження колишнього коефіцієнта теплопередачі доцільно зберегти прийняту швидкість повітря.

Збільшення живого перетину апарату в порівнянні з визначеним в п. 5 повинне зменшити швидкість повітря або змінити ступінь його нагріву. Зменшення перепаду температур на $0,7$ є в порівнянні з прийнятим практичного значення не має.

						БКВ04. 011. 000 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Пішпис	Дата			47

Аеродинамічний опір. Опір коридорного пучка труб з пластинчастим
оребрением по формулі Гоголина:

$$\Delta\rho = A \left(\frac{L}{d_{\text{эв}}} \right) (\omega \cdot \rho)^{1,7}, \text{ Па}, \quad (4.2.44)$$

де $A = 0,007$ для ретельно виготовлених поверхонь.

$$\Delta\rho = 0,007 (20) (7 \cdot 1,169)^{1,7} = 4,989 \text{ мм вод. ст.} \approx 49,8 \text{ Па.}$$

					БКВ04. 011. 000 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Пішпис	Дата		48

6 ВИБІР СХЕМИ І ПРИЛАДІВ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ

Важливими характеристиками СКП є енергетична ефективність, можливість рекуперації і високий рівень автоматизації. Незважаючи на уявну простоту і мініатюрність автоматизації, вона здатна вирішувати багато завдань: підтримувати температуру і продуктивність, забезпечувати роботу датчиків проти замерзання калорифера і засмічення фільтра, включення/виключення системи по виставленому часу і багато що інше.

Літній режим

При запуску системи відкриваються повітряні заслонки, запускаються припливний та витяжний вентилятори. Далі зовнішнє повітря проходить через фільтр. Датчиком перепаду тиску 4 контролюється степінь забруднення фільтра і у разі перепаду тиску вище встановленої норми, подається сигнал на вимкнення системи і загорається аварійна лампочка на щиті. Далі повітря охолоджується в камері зрошення. Регулювання параметрів повітря здійснюється за допомогою датчика 10, встановленого після камери зрошення. Цей датчик через регулятор 13 підтримує витрату води так, щоб забезпечити процес $H_{л} - P'_{л}$. Регулятор 22, датчик якого 21 розташований після третього повітрянагрівача, регулює продуктивність повітрянагрівача, нагріваючи повітря до t_{III} . Таким чином, в теплий період необхідний стан повітря приточування досягається терморегуляторами 13 і 22.

Аварійне вимкнення системи виникає у разі забруднення фільтра або несправності припливного і витяжного вентиляторів. Спостереження за їх роботою здійснюється за допомогою датчиків перепаду тиску 4,6,17 і 18.

Зимовий режим

Процес в приміщенні проходить по лінії ($P_3 - B_3$). Мінімальні витрати по підтриманні параметрів повітря в приміщенні відповідає $t = 20^{\circ}\text{C}$ і мінімальній

					БКВ04. 011. 000 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Пішпис	Дата		49

вологості $\phi = 30\%$. Визначаємо параметри точки П (приплив). $t_{\text{п}} = 16^{\circ}\text{C}$, $d_{\text{п}} = 3,4 \text{ г/кг}$, $\phi_{\text{п}} = 30\%$.

У холодний період зовнішнє повітря з параметрами H_3 необхідно довести до точки П_3 . Для цього зовнішнє повітря нагрівається в повітрянагрівачі до точки H_3^1 , до $t=5^{\circ}\text{C}$, для того щоб не відбулося замерзання конденсату в потоці витяжного повітря при проходженні його через тепло утилізатор (ТУ), це досягається регулюючим клапаном 14, за допомогою датчика 13. Далі припливне повітря нагрівається в ТУ від витяжного повітря до точки H_3^2 , температура цієї точки не буде постійною, тому потім зовнішнє повітря нагрівається в другому повітрянагрівачі до фіксованої $t=22,5^{\circ}\text{C}$ до точки H_3^3 , це досягається регулюючим клапаном 17, за допомогою датчика 16. Потім зволожується по ізотермі (лінія $H_3^3 - \text{П}_3$) до $t=16^{\circ}\text{C}$, а потім подається в приміщення (процес $H_3 - H_3^1 - H_3^2 - H_3^3 - \text{П}_3 - B_3$).

Також передбачен "захист від заморожування калорифера", який формується при спрацьовуванні одного з двох (чи обох) термостатів, встановлених по воді і по повітрю в секторі калорифера в зимовому режимі. Уставка заморожування по повітрю 6-10, по воді 30-40 градусів за Цельсієм.

По сигналу загрози замерзання відбувається наступне:

- вимикається електродвигун припливного вентилятора
- включається циркуляційний насос на калорифері
- повністю відкривається регулюючий клапан на теплоносії;
- закривається вхідна повітряна заслінка.

Система управління ХМ

Завдання управління холодильної машини діляться на три групи:

1) пуск, зупинка, експлуатація в автоматичному режимі, узгодження роботи і управління допоміжним устаткуванням (вентиляторами конденсатора та ін.), автоматичне перемикавання режимів в процесі експлуатації теплового насоса;

						БКВ04. 011. 000 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Пішпис	Дата			50

2) регулювання холодопродуктивності в режимі холодильної машини, настроювання системи на задані параметри роботи;

3) контроль і забезпечення безпеки установки, діагностика несправностей, сигналізація аварійних режимів і блокування.

Перша група завдань включає:

1) пуск і зупинка агрегатів із запуском компресора з мінімальним навантаженням і в безпечному режимі, а також з дотриманням тимчасових інтервалів, що забезпечують оптимальну роботу холодильної машини;

2) послідовне включення окремих ступенів потужності для інверторних компресорів, щоб зменшити пускові струми і забезпечити захист електродвигуна від перевантаження;

3) узгоджений пуск і відключення окремих елементів системи: включення нагрівачів картера в поршневих компресорах при відключенні останніх;

4) експлуатація установки в автоматичному режимі: дистанційне керування, програмування в часі режимів налаштування і роботи, управління за допомогою комп'ютера, включення установки після відключення із-за аварійного режиму.

До завдань другої групи відносяться:

1) автоматична підтримка заданої температури фреону на виході з випарника;

2) регулювання продуктивності компресора ступінчасте - шляхом його включення і відключення та інвертором;

3) підтримка постійної температури конденсації, щоб не допустити підвищення і пониження тиску в конденсаторі вище за допустимі значення; при підвищенні температури конденсації знижується продуктивність компресора і збільшується споживана потужність, що приводить до перевантаження електродвигуна компресора і передчасного виходу його з ладу. При пониженні температури і тиску конденсації сповільнюється переміщення рідкого хладагента у випарник, погіршується його робота і

					БКВ04. 011. 000 ДП ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Пішпис	Дата		

4) відбуваються втрати продуктивності. В цьому випадку, щоб не допустити пониження температури конденсації, застосовуються наступні способи регулювання:

включення або відключення вентилятора залежно від заданої температури зовнішнього повітря в режимі охолодження, зміна витрати повітря, що охолоджує конденсатор, шляхом ступінчастого або плавного регулювання швидкості обертання електродвигуна вентиляторів.

При регулюванні продуктивності компресора одночасно необхідно забезпечувати відповідне регулювання продуктивності вентилятора конденсатора.

Третя група завдань забезпечує:

- визначення і індикація експлуатаційних параметрів;
- контроль параметрів, що забезпечують надійну і безпечну роботу холодильної машини, граничне відхилення значень контрольованих параметрів від заданих приводить до сигналізації і автоматичної зупинки компресора, пуск компресора після аварійного відключення здійснюється уручну або автоматично;
- кодова діагностика несправностей, контролюються наступні параметри:
 - високий тиск (тиск конденсації), за допомогою реле високого тиску, при перевищенні тиску понад заданий компресор відключається;
 - низький тиск (тиск або температура випару), за допомогою реле низького тиску компресор включається, якщо тиск у всмоктуючому контурі вище заданого мінімального значення;
 - перепад температур на вході і виході з випарника, високе значення сигналізує про недостатність витрати води;
 - температура двигуна, вимірювана датчиком температури в обмотках статора, при перегріві двигуна він відключається за допомогою реле теплового захисту компресора і насоса;

						БКВ04. 011. 000 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Пішпис	Дата			52

- перевантаження двигуна компресора, вентилятора конденсатора, плавкі запобіжники для малих моделей і автоматичні вимикачі з магнітними розчіплювачами для великих в електричній схемі управління двигуном компресора;

- налаштування запобіжних клапанів, захищають від надмірного перевищення тиск в замкнутих контурах.

Для захисту від частих перемикань компресора по команді терморегулятора передбачений обмежувач частоти перемикань — таймер компресора. Встановлюється мінімальний час зупинки, при якому компресор залишається відключеним, навіть, якщо в цей час отримана команда на запуск, кількість запусків в годину з урахуванням мінімального часу, який повинен пройти між двома послідовними запусками компресора.

Таким чином, при ступінчастому регулюванні продуктивності вдається зменшити частоту перемикань компресора, але виникають невеликі коливання температури повітря на виході з випарника.

Таймер блоку управління компресором дозволяє вводити тимчасові параметри, що визначають надійну роботу холодильної машина: кількість запусків в годину, інтервал часу між включенням насоса і запуском компресора, а так само час затримки відключення насоса після відключення компресора, мінімальний час роботи компресора після запуску.

У всіх блоках управління може бути передбачено, як додаткова опція, підключення мікропроцесорного дистанційного модуля управління, що дозволяє здійснювати управління роботою холодильної машини, контроль параметрів і функціонування із спеціального приміщення усередині будівлі.

					БКВ04. 011. 000 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Пішпис	Дата		53

7 ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці - це зведення законодавчих актів і правил, відповідних їм гігієнічних, організаційних, технічних, і соціально-економічних заходів, що забезпечують безпеку, збереження здоров'я і працездатність людини в процесі праці.

Токсичність робочої речовини

Згідно стандартної класифікації шкідливих речовин, встановлено чотири класи небезпеки залежно від семи показників токсичної дії, включаючи середню смертельну концентрацію для піддослідних тварин і гранично допустиму концентрацію (ГДК). В порівнянні з іншими показниками ГДК якнайповніше представляє токсичні властивості хладагента, проте одного цього параметра недостатньо для оцінки реальної небезпеки роботи з хладагентом в умовах експлуатації.

Як робоча речовина в холодильній установці використовується хладагент R407C - азеотропна суміш R32/R125/R134a (масові долі компонентів відповідно 23/25/52%). Розроблений як основна заміна R22. При звичайній температурі і тиску це - безбарвний газ.

Даний фреон був розроблений як альтернатива хладагенту R22 по холодавидатності і тиску насиченої пари.

Гранично допустима концентрація на робочому місці
ПДК = 1000 ppm.

Температура самозаймання, 733 ° C.

В порівнянні з R22, хладагент R407C надає значно менш шкідливу дію на довкілля (значення потенціалу глобального потепління GWP у R407 майже таке ж, як і в R22, потенціал руйнування озону ODP дорівнює нулю). При високій температурі, в результаті розкладання холодильного агента (R-407C вживаного в холодильній машині водоохлажвального пристрою), одним з видів хімічно небезпечних і шкідливих речовин утворюється фосген.

					БКВ04. 011. 000 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Пішпис	Дата		54

Фосген - безбарвний газ з неприємним запахом прілого сіна або гнилих яблук. У газоподібному поляганні важче повітря в 3,5 разу.

Температура кипіння $t_{\text{кип}} = +8^{\circ}\text{C}$, ПДКсс=0,003мг/м³, ПДКрз=0,5мг/м³. Погано розчиняється у воді.

Для знезараження рекомендується вода, розчини лугів і лужні оксиди виробництва, газоподібним аміаком і його водні розчини. Для нормального знезараження 1-ний тонни газоподібного фосгену буде потрібно 1000 тонн води або 100 тонн 10 %-ого розчину лугу. Симптоми ураження - солодкуватий присмак в роті, нудота, кашель, задуха, ніяковість в грудях, загальна слабкість. Газоподібний фосген потрапляє в організм через органи дихання і викликає набряк легенів. Потрапляючи в легені фосген, наводить до певних біохімічних і структурних змін в легеневій тканині і капіляри, підвищуючи проникних останніх, що наводить до заповнення легенів плазмою крові (набряк легенів). Токсичний набряк легенів розвивається швидко. При цьому з'являється часте і поверхневе дихання, болісний кашель з рясним виділенням піннявої мокроти, синюшність обличчя та рук. Подальше наростання кисневого голодування і ослаблення серцево-судинної діяльності погіршує стан людини. У цьому періоді за відсутності необхідної невідкладної допомоги настає, смерть.

Хоча в приміщення подається вже холодна вода, а не хладагент, і самі чиллера знаходяться на вулиці, а не усередині приміщень, то все одно існує можливість поразки цією шкідливою речовиною, тому потрібно передбачити необхідні заходи захисту.

Класифікація виробництва за мірою вибухової, вибухопожежної і пожежної небезпеки згідно ОНТП24-86

Виробництва по вибухопожежної і пожежній небезпеці, згідно ОНТП24-86 діляться на категорії А, Б, В, Г і Д.

Дане приміщення відноситься до категорії Д, - тобто в приміщенні знаходяться негорючі речовини і матеріали в холодному стані. Всі машинні і апаратні відділення хладонових установок відносяться до категорії Д.

						БКВ04. 011. 000 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Пішпис	Дата			55

Об'ємно-планувальні рішення по розміщенню проектованої установки

При розміщенні проектованої установки необхідно забезпечити: зручність монтажу, обслуговування і ремонту установки і її елементів, компактність розташування устаткування, що дозволяє скоротити площу для його установки і протяжність трубопроводів; можливість реконструкції і розширення без тривалої зупинки устаткування; дотримання вимог техніки безпеки і протипожежного захисту.

Двері машинних відділень повинні виходити назовні будівель або в коридори, відокремлені дверима від інших приміщень і відкриваються у бік виходу.

Будівельно-монтажні і архітектурні вимоги включають в себе: скорочення площ приміщень для устаткування систем КП і їх елементів. Естетичну ув'язку елементів систем КП з інтер'єром приміщень, забезпечення мінімальних витрат часу на монтаж, випробування і наладку систем з можливістю по зонного введення їх в експлуатацію. Ув'язку робіт по спорудженню конструкцій будівель з монтажем систем КП. Звуко- і віброізоляцію рухомого устаткування від елементів будівельних конструкцій.

Електробезпека

Електробезпека - система організаційних і технічних заходів і засобів, що забезпечують захист людей від шкідливої і небезпечної дії електричного струму. Небезпека електричного струму на відміну від інших небезпек посилюється тим, що людина не в змозі без спеціальних приладів виявити

напругу дистанційно, а також швидкоплинність поразки - небезпека виявляється, коли людина вже уражена. Аналіз смертельних нещасних випадків показує, що на долю поразок електричним струмом доводиться на виробництві до 40%, в енергетиці - до 60 % ; велика частина поразок (до 80 %) відбувається в електроустановках напругою до 1000 В (110- 380 В).

					БКВ04. 011. 000 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Пішпис	Дата		56

Проходячи через живі тканини людини, електричний струм надає термічну (опіки), електролітичну (електроліз) і біологічну дію. Розрізняють також механічні пошкодження від дії електричного струму. Це приводить до різних порушень в організмі, викликавши як місцеве ураження тканин і органів, так і загальну поразку організму. Розрізняють два види поразок електричним струмом: місцеві електричні травми (електротравми) і електричний удар.

Однофазні замикання струму, які можуть виникнути в електричних машинах, апаратах, приладах, на ЛЕП, небезпечні тим, що на корпусах і опорах з'являється напруга, достатня для поразки людини і виникнення пожежі. Струм замикання створює небезпечну напругу не лише на самому устаткуванні, але і біля нього, розтікаючись з підстав і фундаментів.

Захист від поразки електричним струмом і спалахів можна здійснити захисним відключенням (відключають пошкоджену ділянку мережі швидкодіючим захистом), або захисним заземленням (знижують напругу дотику і кроку), або зануленням (відключають устаткування і знижують напругу дотику і кроку на період, поки не спрацює відключаючий апарат).

Електробезпека устаткування

Згідно правилам пристрою електроустановок, всі електричні установки діляться на дві групи залежно від напруги до 1000 В і понад 1000 В. Для комфортного СКП в експлуатації знаходяться установки лише першої групи з напругою до 1000 В

Виробниче приміщення всіх типів залежно від ступеня ураження електричним струмом діляться на три категорії:

1) приміщення без підвищеної небезпеки - без струмопровідного пилу, без великої кількості сповільнених металевих предметів (адміністративні, учбові приміщення і т. д.);

						БКВ04. 011. 000 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Пішпис	Дата			57

2) приміщення з підвищеною небезпекою - сирі, з $\varphi > 75\%$, температурою повітря більше 30°C , з підлогою із струмопровідних матеріалів (цегельні, бетонні) з можливістю дотику до металевих корпусів устаткування і заземлених металоконструкцій (вентилі, камери, камери холодильників і ін.);

3) особливо небезпечні приміщення - особливо сирі, з наявністю хімічно активного середовища і два і більш за ознаки, що характеризують приміщення з підвищеною небезпекою.

Дане приміщення холодильної установки відноситься до другої категорії.

Розрахунок системи штучного заземлення

Виконаємо розрахунок системи заземлення.

Розрахункове значення питомого опору ґрунту визначаємо по формулі:

$$\rho_p = \rho_\phi \cdot \psi, \quad (6.1)$$

де ρ_ϕ – фактичний питомий опір ґрунту

(для чорнозому дорівнює $30 \text{ Ом}\cdot\text{м}$)(таб 15) ;

ψ - кліматичний коефіцієнт, приймаємо $\psi = 1,5$

В результаті підстановки числових значень у формулу отримуємо:

$$\rho_p = 30 \cdot 1,5 = 45 \text{ Ом}\cdot\text{м}$$

У якості електродів вибираємо вертикальні сталеві труби діаметром $d=0,045 \text{ м}$.

Вертикальні заземлювачі розташовуємо в ряд.

					БКВ04. 011. 000 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Пішпис	Дата		58

В результаті отримуємо:

$$n = 14,6/4 = 3,65$$

Підбираємо найближче стандартне число заземлювачів $n'=4$.

Тепер визначаємо опір системи вертикальних заземлювачів:

$$R_{св} = R_0/(n' \cdot h_B), \quad (6.6)$$

де R_0 - опір одного вертикального заземлювача;

n' – число заземлювачів;

h_B – коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів

вибираємо $h_B=0,83$ (таб 15). Тоді

$$R_{св} = 14,6/(4 \cdot 0,83) = 4,4 \text{ Ом}$$

Визначимо опір сполучної смуги (шини). При розміщенні заземлювачів в ряд довжина смуги визначається вираженням:

$$L = (n' - 1) \cdot l', \text{ м} \quad (6.7)$$

$$L = (4 - 1) \cdot 5 = 15 \text{ м}$$

Опір сполучної смуги знаходимо по формулі:

$$R_{п} = \rho_p / (2 \cdot p \cdot L \cdot h_r) \cdot \ln(L^2 / (d \cdot t_0)), \quad (6.8)$$

де h_r – коефіцієнт використання горизонтальних заземлювачів,

визначуваний $h_r=0,89$. Тоді

$$R_{п} = 45 / (2 \cdot 3,14 \cdot 15 \cdot 0,89) \cdot \ln(15^2 / (0,045 \cdot 0,5)) = 4,94 \text{ Ом}$$

Опір всієї системи визначається за формулою:

$$R_c = R_{п} \cdot R_{св} / (R_{п} + R_{св}), \quad (6.9)$$

де $R_{п}$ – опір сполучної смуги

$R_{св}$ – опір системи вертикальних заземлювачів.

Після підстановки числових значень отримуємо

$$R_c = 4,94 \cdot 4,4 / (4,94 + 4,4) = 2,33 \text{ Ом}$$

Згідно вимогам, опір захисного заземлення у будь-який час року в установках напругою до 1000 В не повинно перевищувати 4 Ом.

Порівнюючи отримане в результаті розрахунку R_c з $R_{тр}$, бачимо, що $R_c < R_{тр}$, а значить вимога виконана.

					БКВ04. 011. 000 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Пішпис	Дата		60

Пожежна профілактика

Пожежа - горіння поза спеціальним вогнищем, що завдає матеріального збитку і що створює небезпеку для життя людей. Оскільки кількість пожеж з року в рік збільшується то, створюється необхідність створювати на підприємствах умови, при, яких виникнення і поширення пожежі стає мінімальним (підвищувати пожежну безпеку будівлі).

Пожежна безпека - стан об'єкту, при якому зі встановленою вірогідністю унеможлиблюється виникнення і розвиток пожежі (до такої міри, коли контроль вже неможливий) і дії на людей небезпечних чинників пожежі, а також забезпечується захист людей і матеріальних цінностей.

Заходи щодо пожежної профілактики розділяються на організаційні, технічні, режимні і експлуатаційні.

Організаційні заходи передбачають правильну експлуатацію машин, правильний вміст будівель, території, протипожежний інструктаж робітників і службовців, організацію добровільних пожежних дружин.

До технічних заходів відносяться дотримання протипожежних норм і правил при проектуванні будівель, при обладнанні електропроводів і устаткування, опалювання, вентиляції, освітлення, правильне розміщення устаткування.

Заходи режимного характеру - це заборона куріння в не встановленому місці, виробництво зварювальних і інших вогневих робіт в пожароопасних приміщеннях.

Експлуатаційними заходами є своєчасні профілактичні огляди, ремонти і випробування технологічного устаткування.

Здатність конструкцій чинить опір дії пожежі в перебігу певного часу при збереженні експлуатаційних функцій називається вогнестійкістю. Залежно від величини межі вогнестійкості основних будівельних конструкцій і меж поширення вогню по цих конструкціях будівлі і споруди по вогнестійкості підрозділяються на вісім мір.

						БКВ04. 011. 000 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Пішпис	Дата			61

Основні конструкції машинних залів мають бути II мірі вогнестійкості з негорючих матеріалів з межею вогнестійкості 0,75 ч.

Підвищити вогнестійкість будівель і споруд можна облицюванням або обштукатурюванням металевих конструкцій. Велике значення має захист дерев'яних конструкцій, оскільки при нагріві їх поверхні до 270 - 280 °С вони спалахують і продовжують горіти самостійно.

Захист від поширення полум'я в установках вентиляторів досягається за допомогою вогнепреградителів, швидкодіючих заслінок, водяних завіс і тому подібне. Вогнепреградителі - це установки які перешкоджають поширенню полум'я по каналах систем вентиляції і кондиціонування повітря.

У приміщеннях як автоматична пожежна сигналізація використовується АДО (автоматичною димовий оповіщувач). Принцип його дії заснований на тому, що продукти горіння впливають на іонізаційний струм, що наводить в дію електромагнітне реле, яке включає систему сигналізації.

Засоби і матеріали, за допомогою яких припиняється горіння, називаються вогнегасящими засобами.

Вогнегасники по вигляду вогнегасячих засобів підрозділяють на рідинні, вуглекислотні, хімпінні, повітря - пінні, хладонові, порошкові і комбіновані.

Вибір типу і розрахунок необхідної кількості вогнегасників слід виробляти залежно від вогнегасячої здатності, граничної площі, класу пожежі горючих речовин і матеріалів приміщенні, що захищається, або на об'єкті згідно ІСО N 3941 - 77.

У нашому випадку для гасіння пожежі можна використовувати порошкові вогнегасники. Необхідна кількість цих вогнегасників для гасіння пожежі:

у торговельному залі площею 254 - дорівнює 2 болон по 5 л;

у приміщенні де знаходиться припливно-витяжна установка і пульт управління - дорівнює 1 болон на 5 л.

						БКВ04. 011. 000 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Пішпис	Дата			62

Відстань від можливого вогнища пожежі до місця розміщення вогнегасника не повинна перевищувати: 20 м - для громадських будівель і споруд.

Розрахуємо кількість сплінкерних розеток, необхідних для гасіння приміщення торговельного залу.

$$n = S/S' = \frac{156}{12} = 21 \quad (6.10)$$

Приймаємо $n=21$

Визначимо витрату води на пожежогасінню для розеток:

$$G = n \cdot 30 \cdot \frac{3600}{1000} = 21 \cdot 30 \cdot \frac{3600}{1000} = 2268 \text{ (м}^3\text{/ч)} \quad (6.11)$$

Особливу увагу необхідно приділяти евакуації людей з приміщень.

Евакуація проводиться по заздалегідь спланованих дорогах, які прагнуть зробити мінімальними для проходження людьми до безпечного місця. Схеми евакуації розташовані в доступних для погляду людини місцях. Всі люди знаходяться в будівлі повинні строго дотримувати ці розроблені інструкції для того, щоб під час екстреної ситуації не сталося тисняви, травм, пошкоджень або інших неприємних речей.

Освітлення:

Освітлення відноситься до одного з основних зовнішніх чинників, що постійно впливають на людину в процесі праці. Позитивний вплив освітлення на продуктивність праці і його якість не викликає сумніву. Так, сонячне освітлення збільшує продуктивність праці в середньому на 10%, а штучне на 13%, при цьому можливість браку знижується на 20-25%.

Ретельний і регулярний догляд за установками природного і штучного освітлення має важливе значення для створення раціональних умов освітлення, зокрема, забезпечення необхідних величин освітленості без додаткових витрат електроенергії.

					БКВ04. 011. 000 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Пішпис	Дата		63

У установках з люмінесцентними лампами і лампами ДРЛ необхідно стежити за справністю схем включення (не повинно бути видимих оку мигань ламп).

Чищення скла світлових отворів повинне робитися не рідше 2 раз на рік для приміщень з незначним виділенням пилу і не рідше 4 раз на рік для приміщень із значними виділеннями пилу, для світильників - 4 - 12 раз на рік, залежно від характеру запиленої виробничого приміщення.

Своєчасно потрібно замінювати лампи, що перегоріли, перевіряти рівень освітленості в контрольних точках виробничого приміщення.

Розрахуємо систему освітлення приміщення пультової.

Вихідні дані для розрахунку:

Захист від шуму і вібрації

Виробничий шум супроводжується шумом і вібрацією, джерелами виникнення яких є машини з нерівноваженими масами, що обертаються, технологічні схеми, установки і апарати, в яких переміщення рідин і газів відбувається з великими швидкостями і супроводжується пульсацією.

Механічні коливання устаткування і його вузлів, комунікацій і споруд при дозвукових і частково звукових частотах називають вібрацією.

Розрізняють локальну (місцеву) вібрацію, що передається через руки і загальну вібрацію, що передається через опорні поверхні на тіло людини.

Методи захисту від шуму і вібрації підрозділяють на архітектурно-планувальні і організаційно-технічні.

Архітектурно-планувальні включають; раціональне акустичне планування будівель і генеральних планів об'єктів. Раціональне розміщення устаткування.

Організаційно-технічні методи захисту передбачають: вживання малошумних машин, вдосконалення технології ремонту і обслуговування машин.

Засоби захисту від шуму і вібрації розділяють на наступні види:

					БКВ04. 011. 000 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Пішпис	Дата		64

засоби, що знижують шум в джерелі його виникнення; засоби, що знижують шум на дорозі його поширення; засоби індивідуального захисту.

Шум і вібрацію в джерелі його виникнення зменшують, замінюючи ударні процеси ненаголошеними, застосовуючи деталі з не звучних матеріалів, підтримуючи оптимальні зазори у вузлах, покращуючи умови обтікання деталей і вузлів повітряними, газовими і рідинними потоками.

Шум і вібрацію на дорогах їх поширення ослабляють акустичними засобами звуко- і віброізоляції, звуко - і вібропоглинання, глушення звуку.

Долікарська допомога.

Перша допомога при поразці електричним струмом.

Долікарська допомога потерпілому від електричного струму складається з двох послідовних етапів. Перш за все необхідно швидко звільнити людину, що потерпіла від дії струму, і потім негайно приступити до надання першої допомоги.

Звільнити людину, що потерпіла від дії струму, можна декількома засобами.

Найбільш простий засіб - відключення відповідної частини електроустановки. Окрім того, при напрузі до 1000 В можна перерізувати або перерубати дроти або відтягнути потерпілого від струмоведучої частини, відкинути від нього дріт і так далі. При напрузі вище 1000 В застосовують ті ж способи, але при цьому обов'язково застосовують діелектричні рукавички, боти.

Після звільнення потерпілого від дії струму, йому надають необхідну медичну допомогу тут же на місці.

Заходи першої медичної допомоги залежать від його стану. Якщо потерпілий в свідомості, але до цього був в непритомності або нетривалий час знаходився під впливом струму, йому необхідно створити повний спокій. За відсутності свідомості, але якщо збереглося дихання слід укласти

					БКВ04. 011. 000 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Пішпис	Дата		65

потерпілого на м'яку підстилку, забезпечити приплив свіжого повітря, давати нюхати нашатирний спирт.

Якщо потерпілий дихає насилу - необхідно робити штучне дихання і масаж серця. За відсутності ознак життя, тобто за відсутності дихання серцебиття, пульсу, не можна вважати потерпілого мертвим. В цьому випадку також треба робити штучне дихання і масаж серця.

Перша допомога при поразці хладагентами.

При отруєнні хладагентом необхідно негайно вивести потерпілого на свіже повітря. Якщо дихання припинилося, треба провести штучне дихання. За наявності дихання проводять інгаляцію теплою парою лимонної кислоти.

При попаданні рідкого аміаку на шкіру обережно розтирають обморожену ділянку стерильною ватною кулькою або марлевою серветкою до почервоніння шкіри. Обморожене місце після цього обтирають спиртом і накладають на нього марлеву пов'язку. В разі утворення на тілі міхурів шкіру розтирати не можна - на обморожену ділянку тіла необхідно також накласти стерильну пов'язку.

При попаданні в очі негайно промивають їх струменем води кімнатної температури, а потім пускають в очі декілька крапель 2-4 % - ного розчину борної кислоти.

При задусі, викликаній недовіком кисню в приміщенні, заповненому газоподібним хладоном, необхідно негайно вивісь пострадавшего на свіже повітря. Рекомендується пиття, вдихання кисню в течії 30 -45 мин. В разі припинення дихання слід робити штучне дихання до приходу лікаря.

При попаданні хладону в очі їх промивають струменем води кімнатної температури під невеликим тиском і закачують в очі стерильне вазелінове масло, після чого необхідно звернутися до лікаря.

Перша допомога при опіках і обмороженні

При роботі в холодильних камерах і на відкритому повітрі в зимовий час можливі обмороження.

						БКВ04. 011. 000 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Пішпис	Дата			66

Обморожену частину тіла обережно розтирають сухою шерстяною ганчіркою або сукниною, аби відновити кровообіг і відігріти її до нормальної температури тіла. Після почервоніння шкіри, що свідчить про відновлення кровообігу, її змащують борним вазеліном або несолоним харчовим жиром, накладають стерильну пов'язку і вкривають пострадавшего теплим одягом або ковдрою.

При опіках першого ступеня (почервоніння і припухлість шкіри) на уражене місце накладають примочки із слабого розчину марганцевий - кислого калія, після чого місце опіку забинтовують. При опіках другої (водяні міхури) і третій (глибокі пошкодження і омертвіння тканин) мірі одяг або взуття краще не знімати, а розрізати, зробити перев'язку, як при пораненнях, і направити пострадавшего в здравпункт.

При дуже сильних опіках викликають швидку допомогу; пострадавший повинен лежати непорушно; уражені місця накривають чистим простирадлом.

При опіках міцними кислотами або рідким аміаком уражене місце треба негайно промити сильним струменем води, а потім 5% - ним розчином марганцевий - кислого калія або 10% - ним розчином питної соди; після промивання накладають марлю, просочену сумішшю рослинної олії і вапняної води в рівному співвідношенні. У випадках попадання кислоти або її пари в порожнину рота або в очі їх треба промити 5% - ним розчином питної соди.

Глибокі поразки відбуваються при опіках їдкими лугами. В цьому випадку уражене місце необхідно промити швидкоплинним струменем води, а потім додатково слабким розчином оцетової кислоти або розчином борної кислоти.

Висновок:

При вирішенні завдань по охороні праці необхідно чітко представляти сутність процесів і відшукати засоби (найбільш відповідні до кожного конкретного випадку), що усувають вплив на організм шкідливих і

						БКВ04. 011. 000 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Пішпис	Дата			67

небезпечних чинників і що виключають по можливості травматизм і професійні захворювання.

При поліпшенні і оздоровленні умов роботи праці важливими моментами, є комплексна механізація і автоматизація технологічних процесів, вживання нових засобів обчислювальної техніки і інформаційних технологій в наукових дослідженнях і на виробництві.

Здійснення заходів щодо зниження виробничого травматизму і професійної захворюваності, а також поліпшення умов роботи праці ведуть до професійної активності трудящих, зростанню продуктивності праці і скорочення втрат при виробництві. Оскільки охорона праці якнайповніше здійснюється на базі нової технології і наукової організації праці, то при розробці і проектуванні об'єкту використовуються новітні розробки.

					БКВ04. 011. 000 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Пішпис	Дата		68

8 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПРОЕКТУ

Організаційне обґрунтування проекту.

Класифікаційна оцінка проекту:

- клас - монопроект, тому що проект орієнтований на певне середовище застосування;
- тип - техніко - економічний, тому що характеризується показниками швидкості, продуктивності, зниженням собівартості, збільшенням продуктивності роботи;
- вид - комбінований, тому що містить дослідницький, інноваційний і ін. види;
- тривалість - короткостроковий, тому що створюється за порівняно малі строки;
- по ступені складності - СКП комплексу може бути віднесений до 3-й групи складності ;
- рівень - локальний.

Навколишнє середовище проекту - сукупність зовнішніх і внутрішніх факторів, що роблять вплив на проект:

Внутрішні фактори: помилки проектування, недолік матеріалів, зміни технології (поява нових технологій кондиціонування, більше раціональних).

Зовнішні фактори: соціальні (зміни в перевагах), політичні (політичні реформи, зміна влади й т.д.).

Проект не відокремлений від навколишніх умов, тому необхідно заздалегідь вивчити об'єкт і його навколишнє середовище .

Результатом готового проекту буде розроблена програма, що здійснює розробку СКП.

Життєвий цикл проекту.

Життєвий цикл проекту - послідовність фаз проекту, що задається виходячи з потреб керування проектом.

					БКВ04. 011. 000 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Пішпис	Дата		69

Будь-який проект проходить через певні етапи у своєму розвитку. Стадії життєвого циклу проекту можуть різнитися залежно від сфери діяльності й прийнятої системи організації робіт. Однак, у кожного проекту можна виділити початкову (передінвестиційну) стадію, стадію реалізації проекту й стадію завершення робіт із проекту. Це може здатися очевидним, але поняття життєвого циклу проекту є одним з найважливіших для керівника проекту, оскільки саме поточна стадія визначає завдання й види діяльності, використовувані методики й інструментальні засоби.

Життєвий цикл проекту має 4 фази: формулювання проекту, планування, здійснення, завершення.

– Формулювання проекту. Цей етап має на увазі функцію ініціації проекту. На цьому етапі ідея проекту знаходить "текстуальне" втілення, проводиться вивчення проблеми і пошук джерел фінансування. Ефективне дослідження теми й фондів допоможе спланувати виконання проекту і його бюджет.

До фази формулювання проекту відноситься: постановка завдань, визначення складу.

– Планування. Планування в тому або іншому виді проводиться в перебігу всього строку реалізації проекту. На самому початку життєвого циклу проекту звичайно розробляється неофіційний попередній план - грубе представлення про те, що буде потрібно виконати у випадку реалізації проекту. Розв'язок про фінансування проекту в значній мірі ґрунтується на оцінках попереднього плану. Формальне й детальне планування проекту починається після ухвалення рішення про його реалізацію. Визначаються

– ключові крапки проекту, формулюються завдання і їх взаємна залежність. Як правило план проекту не залишається незмінним, і в міру здійснення проекту зазнає постійному коректуванню з урахуванням поточної ситуації.

					БКВ04. 011. 000 ДП ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Пішпис	Дата		

До фази планування проекту віноситься: збір необхідної інформації для проекту, аналіз інформації, вибір коштів, розробка загального опису процесу, розробка структури програми.

– Здійснення. Після твердження формального плану на керівника проекту лягає завдання по його реалізації. У міру здійснення проекту керівник повинен постійно контролювати хід робіт. Контроль полягає в зборі фактичних даних про хід робіт і порівняння їх із плановими. На практиці відхилення між плановими й фактичними показниками трапляються завжди. Тому, завданням керівника є аналіз можливого впливу відхилень у виконаних обсягах робіт на хід реалізації проекту в цілому й у виробленні відповідних управлінських розв'язків.

До фази здійснення проекту відноситься: аеродинамічний розрахунок, підбір обладнання, комплексне налагодження завдань.

– Завершення. Проект закінчується коли минає його строк і досягнуті поставлені перед ним мети. Іноді закінчення проекту буває раптовим і передчасним, як у тих випадках, коли ухвалюється розв'язок припинити проект до його завершення за графіком. Як б то ні було, але коли проект закінчується, його керівник повинен виконати ряд заходів, що завершують проект. Їхній конкретний набір залежить від характеру самого проекту. Якщо в проекті використовувалося встаткування, треба зробити його інвентаризацію й, можливо, передати його для нового застосування. У випадку підрядних проектів треба визначити, чи задовольняють результати умовам підряду або контракту. Особливу увагу керівник проекту повинен звернути на підготовку заключного звіту. До фази завершення проекту відноситься: експериментальна експлуатація, оформлення документації, впровадження.

Далі в календарному плані робіт проекту детально приводяться строки виконання частин проекту.

Таблиця 9.1- Календарний план робіт проекту

					БКВ04. 011. 000 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Пішпис	Дата		71

Вся вартість обладнання	223931
Транспортні витрати	11196
Витрати на монтажні роботи	33589
Вартість проектних робіт	44786
Всього капітальних вкладень	313503

Розрахунок експлуатаційних витрат

Експлуатаційними витратами (поточні витрати) є витрати, пов'язані з експлуатацією системи кондиціонування і вентиляції, направлені на підтримку системи в робочому стані і на отримання необхідних параметрів повітря в приміщенні. При визначенні витрат враховуємо тільки основні статті витрат (прямі витрати) без врахування накладних витрат.

Вони включають:

- 1) Витрати на електроенергію (C_e)
- 2) Витрати на воду (C_v) і допоміжні матеріали (C_d)
- 3) Витрати на заробітну плату (C_z)
- 4) Витрати на поточне обслуговування й поточний ремонт (C_o)
- 5) Амортизаційні витрати (C_a)
- 6) Інші витрати (C_i)

Витрати на електроенергію

$$C_e = 0,7 \cdot N_y \cdot T_y \cdot C_z \quad (7.2)$$

- де C_z - вартість 1 кВт електроенергії в годину;

N_y - сумарна настановна потужність;

T_y - кількість годин роботи електродвигунів.

$$N_y = N_{уст.1} + N_{уст.2}$$

$$N_y = 20,3 + 12,7 = 33 \text{ кВт};$$

$$C_e = 0,7 \cdot 33 \cdot 4380 \cdot 0,9 = 91060 \left(\frac{грн.}{рік} \right).$$

Витрати на воду

					БКВ04. 011. 000 ДП ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$C_g = B \cdot t_y \cdot \Pi_g \cdot 10^{-3} \quad (7.3)$$

де B – витрата води на зволоження ,

t_y – кількість годин роботи в режимі зволоження;

Π_g – вартість 1 м³ води.

$$C_g = 7896 \cdot 1080 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 85276 \left(\frac{\text{грн.}}{\text{рік}} \right)$$

Допоміжні матеріали

$$C_m = C_{m1} + C_{m2} \quad (7.4)$$

Де C_{m1} - вартість річної витрати фреону, грн/рік;

C_{m2} - вартість річної витрати фільтруючого матеріалу, який визначається залежно від марки матеріалу, його запиленої і запиленої зовнішнього повітря, грн/год;

$$C_{m1} = 0,1 \cdot V \cdot \Pi_x = 0,1 \cdot 15 \cdot 232,3 = 348 (\text{грн.}) \quad (7.5)$$

де V – обсяг холодоагенту, заправляемого в систему, кг;

Π_x – вартість 1 кг хладогента, грн.

Вартість фільтруючого матеріалу:

$$C_{m2} = \frac{t_\phi \cdot f \cdot \Pi_m}{t_m} = \frac{4380 \cdot 12,4 \cdot 20}{1149} = 945 \left(\frac{\text{грн.}}{\text{рік}} \right); \quad (7.6)$$

де t_ϕ – час роботи фільтру, год/рік;

f – робоча поверхня фільтруючого матеріалу, м²;

Π_m – вартість 1 м² фільтруючого матеріалу, грн.;

t_m – час роботи фільтруючого матеріалу, год/рік.

$$C_m = 348 + 945 = 1293 \left(\frac{\text{грн.}}{\text{рік}} \right)$$

Витрати на заробітну плату

$$C_3 = Z \cdot n_n \cdot n_m \cdot 1,1 \cdot 1,4 = 3000 \cdot 2 \cdot 12 \cdot 1,1 \cdot 1,4 = 110880 (\text{грн./рік})$$

Z – заробітна плата за місячним окладом;

n_n – кількість робочих;

n_m – кількість місяців.

Витрати на поточний ремонт і технічне обслуговування

					БКВ04. 011. 000 ДП ПЗ	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Пішпис	Дата		

$$C_o = 0,05 \cdot K_{об} = 0,05 \cdot 223931 = 11196 \left(\frac{\text{грн.}}{\text{рік}} \right) \quad (7.7)$$

Амортизаційні відрахування

$$C_a = 0,15 \cdot K_{об} = 0,15 \cdot 223931 = 33589 \left(\frac{\text{грн.}}{\text{рік}} \right) \quad (7.8)$$

Інші витрати

Приймаємо у розмірі 3% від сумарних експлуатаційних витрат:

$$C_{np} = 0,03 \cdot C_{об} = 0,03 \cdot 77595 = 2328 \left(\frac{\text{грн.}}{\text{рік}} \right). \quad (7.9)$$

Результати розрахунків експлуатаційних витрат зводимо в таблицю:

Таблиця 9.3 – Експлуатаційні витрати

Найменування статей витрат	Сума, грн/рік
Витрати на електроенергію	91060
Витрати на воду	85276
Витрати допоміжні матеріали	1293
Витрата на заробітну плату	110880
Витрати на поточний ремонт і технічне обслуговування	11196
Амортизаційні відрахування	33589
Інші витрати	2676
Всього експлуатаційні витрати, грн/год	335970

Розрахунок приведених витрат

Приведені витрати визначимо по формулі:

$$P_i = C_i + E_H \cdot K_i = 335970 + 0,15 \cdot 313503 = 382995 (\text{грн.}). \quad (7.10)$$

Визначимо питомі витрати на 1 м³ повітря

Капітальні вкладення:

$$K' = \frac{K}{V} = \frac{313503}{13370} = 23,44 \left(\frac{\text{грн.}}{\text{м}^3} \right). \quad (7.11)$$

Експлуатаційні витрати:

$$C' = \frac{C}{V} = \frac{335970}{13370} = 25,1 \left(\frac{\text{грн.}}{\text{год} \cdot \text{м}^3} \right). \quad (7.12)$$

Приведені витрати:

$$\Pi' = \frac{\Pi}{V} = \frac{382995}{13370} = 28,6 \left(\frac{\text{грн.}}{\text{год} \cdot \text{м}^3} \right). \quad (7.13)$$

Розрахунок економії від утилізації тепла:

Знаючи вартість 1 Гдж теплової енергії визначимо вартість енергії, що утилізувала:

$$C_{\text{ум}} = 25 \cdot 0,436 \cdot 18 \cdot 180 = 35,3 (\text{тис. грн.}). \quad (7.14)$$

Розрахунки строку окупності капітальних вкладень

Після того як була встановлена система кондиціонування повітря кількість відвідувачів збільшилась, працездатність робітників поліпшилась, поменшала частота захворювання. У зв'язку із цим і збільшився прибуток центру. Вона склала 230000 грн. Отже, строк окупності капітальних вкладень складе:

$$T = \frac{K}{\Pi}, \text{ років}; \quad (7.15)$$

де: К - капітальні витрати, грн.;

Π - збільшення прибутку, грн.;

$$T = \frac{313503}{150000} = 2,09 \approx 2 \text{ роки};$$

Економічна ефективність СКП :

$$E = \frac{\Pi}{K}; \quad (7.16)$$

$$E = \frac{150000}{313503} = 0,47;$$

Результати розрахунку зведемо в таблицю техніко-економічних показників СКП ресторану.

					БКВ04. 011. 000 ДП ПЗ	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Пішпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Аверкін, А.Г.Прімери і завдання по курсу кондиціонування повітря і холодопостачання .-- М .: Видавництво асоціації будівельних вузів. 2003- 125с
6. Мігай В.К., Назаренко В.С., Новожилов І.С., Добряков Т.С.
Регенеративні обертаються воздухоподогреватели. Л .: Енергія, 1971. - 168
7. Липа, А.І. Кондиціонування повітря. Основитеорії.
Сучасні технології обробки повітря .. - Одеса: ОГЦНТЕІ, 2010. - 607 с.
8. Бронштейн, І.М., семядо К.А.- Довідник з математики (для інженерів і учнів вузів). М.: Наука, 1986. - 544с.
9. Жуковський С.С.,. Возняк О.Т, Довбуш О.М, .Люльчак. З.С
Вентілювання приміщень: Навч. посібник. - Л .: Львівська політехніка, 2007. - 476с.
10. Грачов Ю.Г. Основи оптимізації систем кондиціонування мікроклімату.- Перм: Видавництво. Перм. політехн. ін-ту, 1987. - 80с. + 1 вкл.
11. Жіхарєва Н.В. Моделювання та оптимізація систем кондиціонування Повітря. . Навчальний посібник.-: В: ТЕС, 2016.- 170 с + Додатки з ..
12. Жіхарєва Н.В. Розрахунок теплоутилізаторів. . Методичні вказівки .-: ОНАХТ: 2016.-40 с.
13. Жіхарєва Н.В., Хмельнюк М.Г.
Підвищення ефективності системи охолодження плодоовощехраніш. - Вісник міжнародної академії холоду 2013. Сб т- Вип 4 - с. 16 - 20.
18. Лабай, В.Й., Тепломасообмін+., Львів: Тріада плюс. 2004 - 260.
19. Морозюк Т.В. Теорія холодильних машин і теплових насосів - Одеса: Студія «Негоціант», 2006. - 712с., 3 додатком
21. Перепека В.І., Жихарева Н.В. Розрахунки систем кондиціонування і вентиляції. Навчальний посібник: В: ТЕС, 2014.-240 с.
22. Погорелов, А.І. Тепломасообмін: Навчальний посібник для вузів.- Львів: «Новий світ-2000». - 2004. - 144 с.
25. Чумак І.Г. Холодильні установки. Проектування. - Учеб. Посібник.- 3-те вид., Перераб. і доп.- Одеса: Друк, 2007. - 480 с.

					БКВ04. 011. 000 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Пішпис	Дата		80

26. Економічна ефективність енергозбереження в системах опалення, вентиляції та кондиціонування повітря: Навчальний посібник // А.І.Еремкін, Т.І.Королева, Г.В.Данілін, В.В.Бизеев, А.Г.Аверкін. - М.: АСВ, 2008. - 184с.
28. Белова Е.М. Центральні системи кондиціонування повітря в будівлі. - М.:Евроклимат, 2006. - 640 с.:іл. - (Бібліотека кліматехніка).
29. Белова Е.М. Системи кондиціонування повітря з чиллерами і фенкойлами. 2003 400с.

					БКВ04. 011. 000 ДП ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

Кирничний Валентин Сергійович
Розробка системи кондиціонування
і вентиляції для торгового центру
Мегадом, Одеса

Керівник: проф. Хмельнюк Михайло
Георгійович .

Вихідні дані:

- **Розрахункові літні параметри зовнішнього повітря категорії :**
 - барометричний тиск $P=1010$ мм.рт.стовпа;
 - ентальпія зовнішнього повітря $h=68$ кДж/кг;
 - температура зовнішнього повітря $t = 28,6$ °С;
 - розрахункова швидкість вітру $3,3$ м/с;
 - амплітуда добових коливань температури $\Delta t = 8,8$ °С.
- **Розрахункові зимові параметри зовнішнього повітря:**
 - барометричний тиск $P=990$ мм.рт.стовпа;
 - ентальпія зовнішнього повітря $h=-17$ кДж/кг;
 - температура зовнішнього повітря $t = -18$ °С;
 - розрахункова швидкість вітру $6,2$ м/с.



Керуючись нормами проектування , приймали наступні значення підтримання параметрів:

Теплий період року - $t = 22 \text{ }^{\circ}\text{C}$; $\phi = 55\%$;

Холодний період року - $t = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$; $\phi = 60\%$;

Кондиціонування в торговельному центрі і

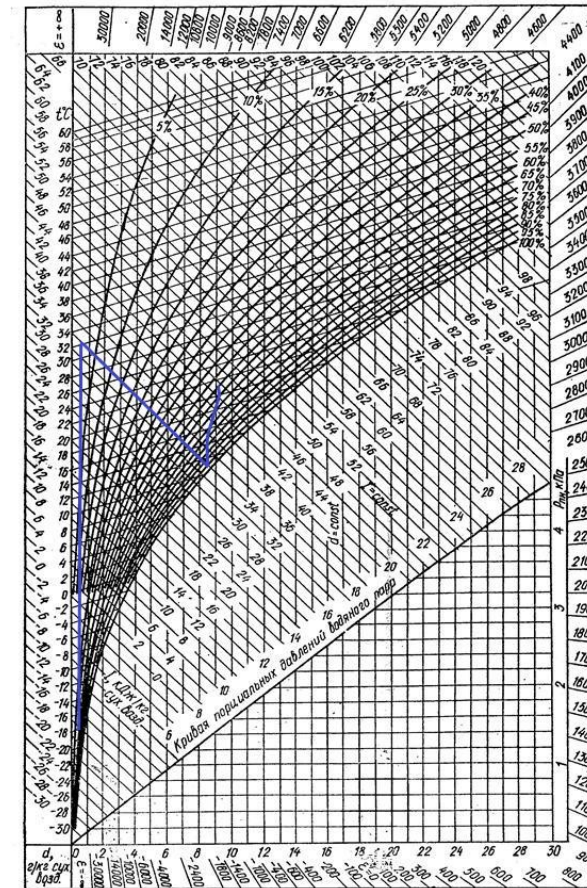
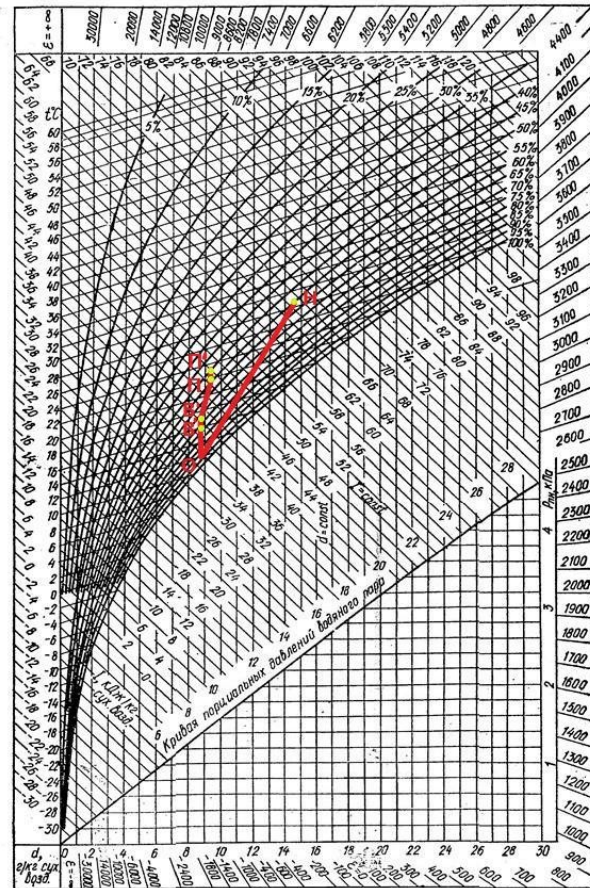
Головною метою кондиціонування повітря в супермаркеті є створення комфортного мікроклімату для клієнтів та деяких товарів, достатня кількість приточного повітря та видалення неприємних запахів, створення повітряно-теплого балансу.



Сумарна таблиця розрахунку теплопритоків

Приміщення	Сумарний тепло-приплив (літо) $Q_{пов,кВт}$	Сумарні вологови-ділення (літо) $W_{пов, кг/с}$	Сумарний тепло-приплив (зима) $Q_{пов, кВт}$	Сумарні вологови-ділення (зима) $W_{пов, кг/с}$	Тепло-вологісна хар-ка (літо) ϵ , $кДж/кг\cdot K$	Масова витрата повітря $G, кг/с$
Зал	108	0,011	92	0,011	9921	15,5

d,h-діаграмі процесів обробки повітря в літній та зимовий період



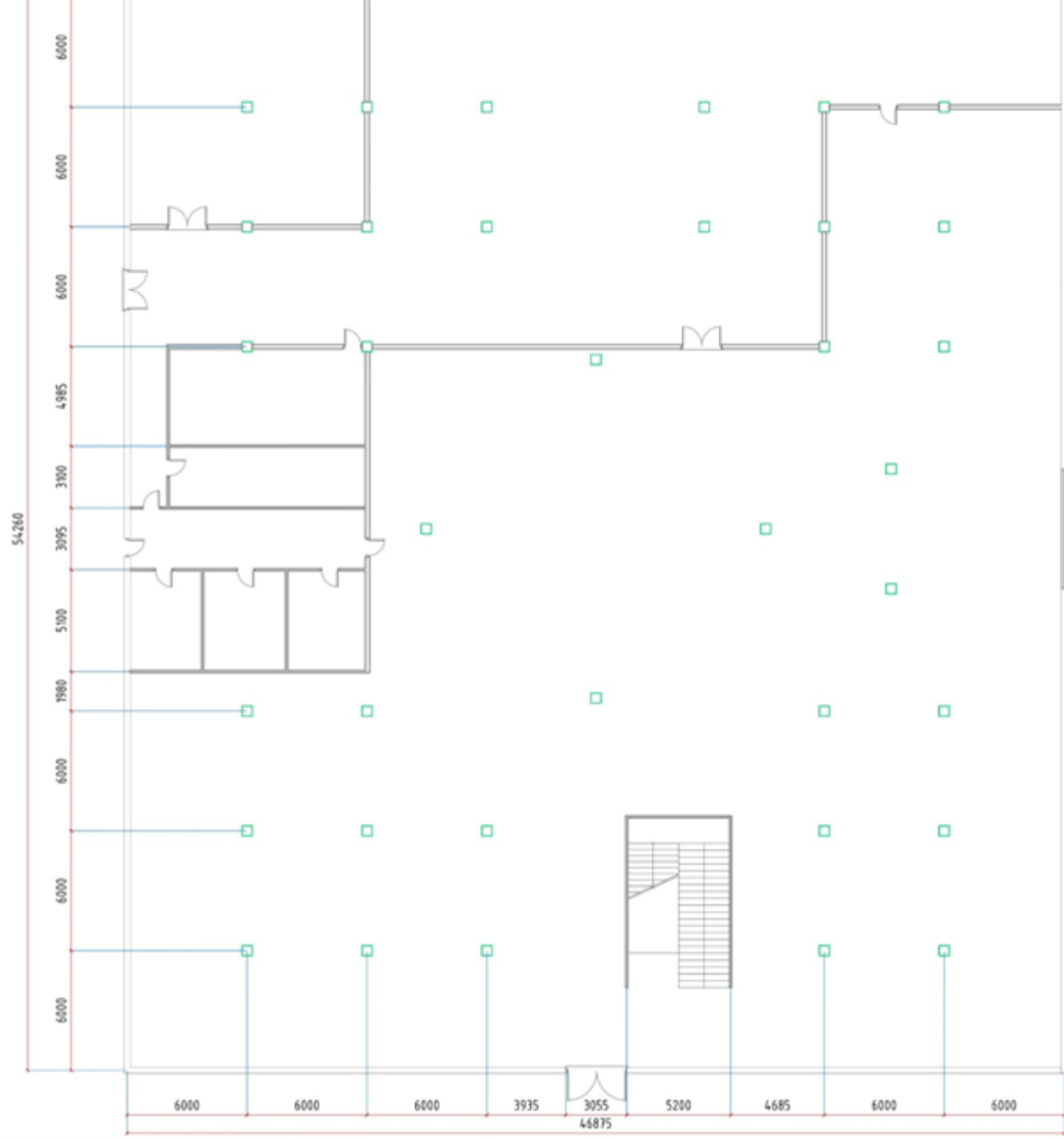
Плюси і мінуси мульти зональної системи VRF

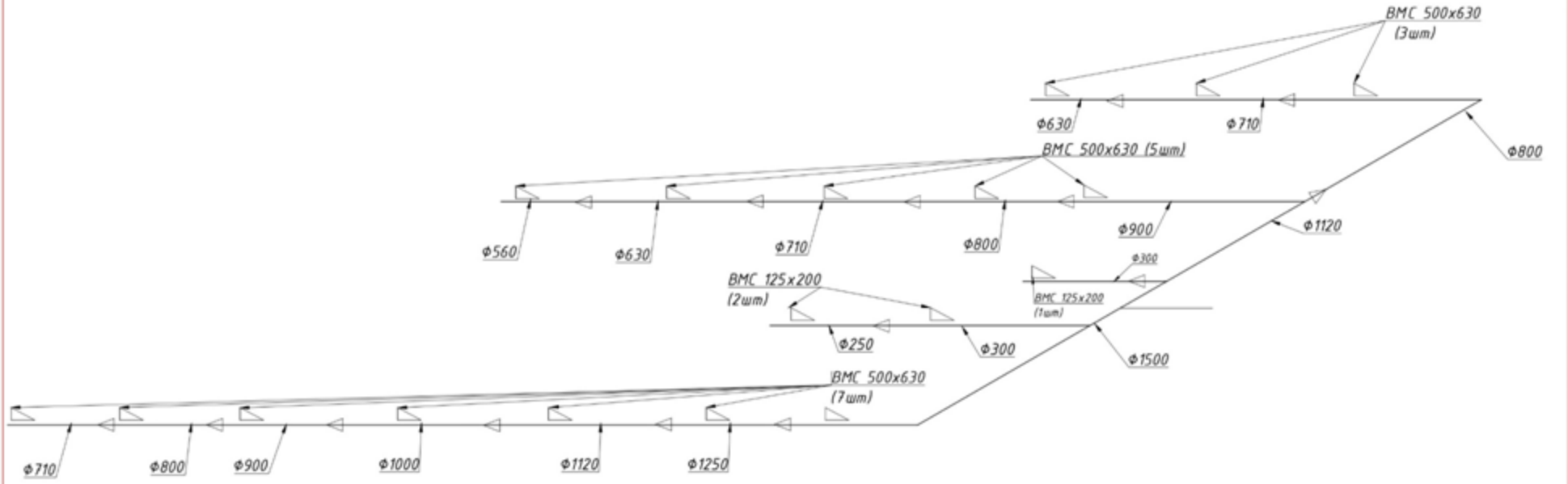
Переваги

- Висока енергоефективність;
- Точна підтримка заданої користувачем температури, автоматичне плавне регулювання оборотів вентилятора внутрішнього блоку залежно від навантаження;
- Висока надійність, ротація компресорів і декілька систем на великій площі;
- Менший рівень звукового тиску як зовнішніх, так і внутрішніх блоків.
- Зручні рішення по диспетчеризації і центральному контролю;
- Мінімальна кількість проектних розрахунків і відносно проста установка;
- Відносна простота обслуговування і експлуатації;
- Можливість роботи на обігрів приміщень без дорожчання і ускладнення системи.

Недоліки

- Висока вартість;
- Необхідність зупинки системи у разі зміни конфігурації внутрішніх блоків і висока вартість цієї операції;
- Обмеження довжин трас і перепадів висот між внутрішніми і зовнішніми блоками;
- Велика загальна холодопроизводительность систем, чим у чиллер-фанкойл, яка в наслідок знижується до необхідного рівня (висока вартість).



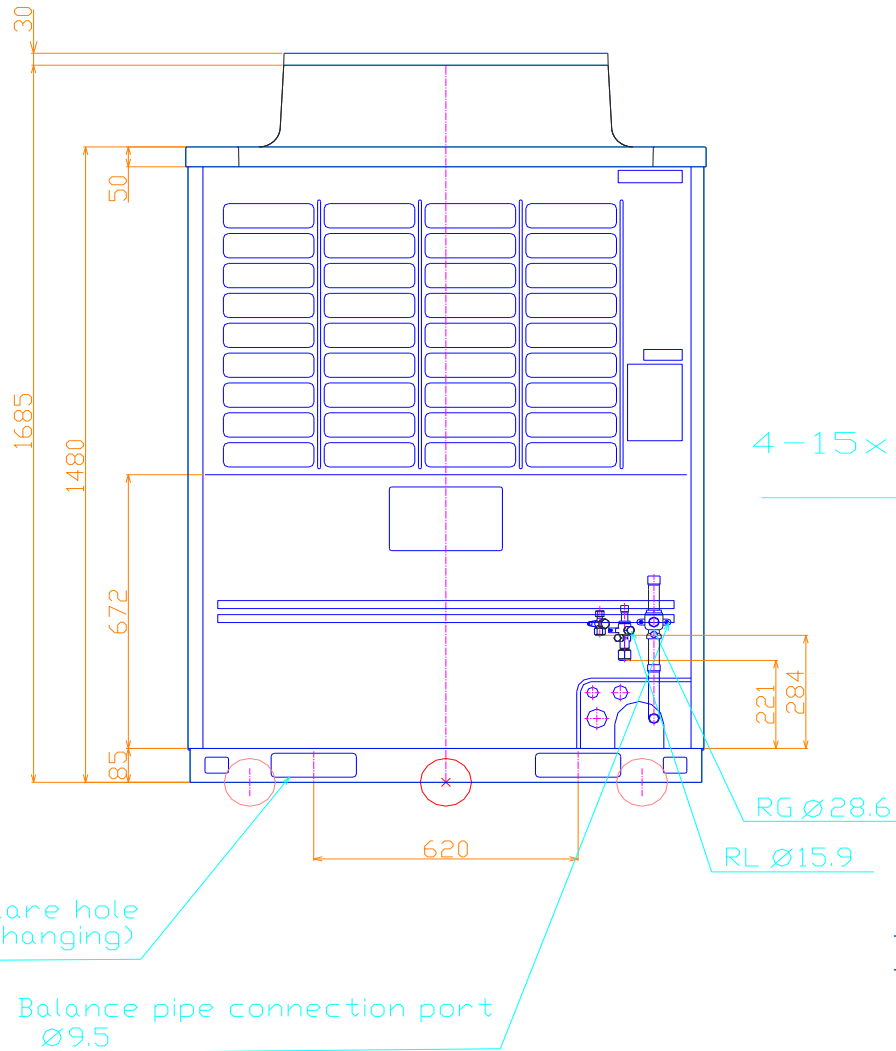


Характеристи старої системи кондиціонування повітря RoofTop Daikin UATYQ350BY1

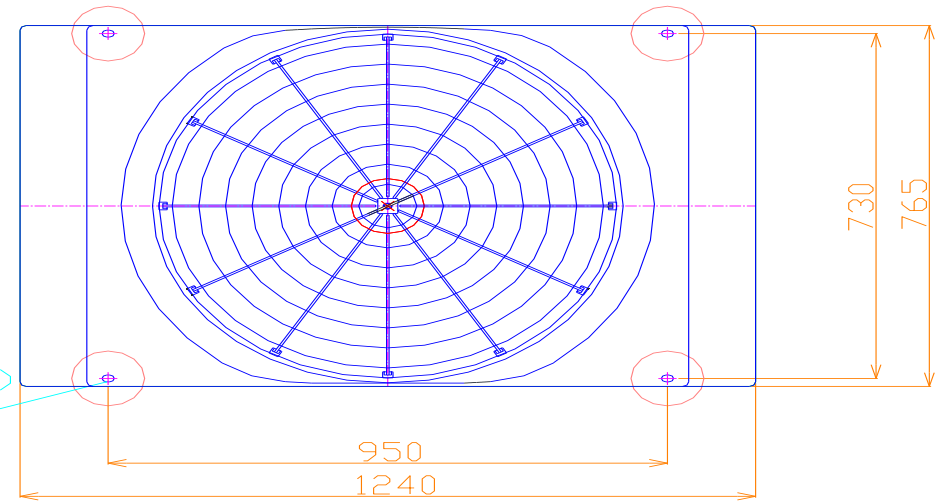
Характеристики і показники	Од.	Daikin
Модель		UATYQ250BY1
Холодовидатність	кВт	35
Тепловидатність	кВт	34
Макс.потр.потужність(охолодження)	кВт	10.7
Макс.потр.потужність(обігрів)	кВт	10.8
EER при роботі на охолодження	Вт/Вт	3.3
COP при роботі на обігрів	Вт/Вт	3.21
Уров.шума: охл./обогр.	дБ(А)	76
Габ.разм:вис./шир./длина.	мм	1028/2200/2100
Маса	кг	660
Хладагент		R410A
Діапазон роб.темпер.: охл.	°C	0.....+52
обігрів	°C	-15.....+20
Прогр.підбіра блоків и элем.		Да



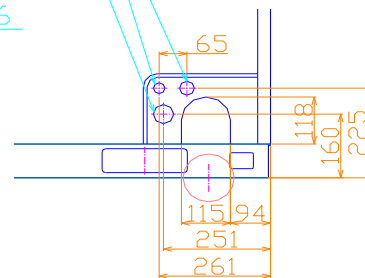
VRV система Daikin RYYQ 34T



4-15x20<Long hole>



Knockout hole for power wiring2 ($\varnothing 48$)
Knockout hole for control wiring ($\varnothing 27$)
Knockout hole for power wiring1 ($\varnothing 35$)



Випробування системи при 150 % загруженості

$$\underline{N} := \begin{pmatrix} 10 & 19.44 \\ 15 & 23.03 \\ 20 & 24.62 \\ 25 & 27.05 \\ 30 & 29.64 \\ 35 & 32.4 \\ 40 & 35.18 \end{pmatrix}$$

$$Tn := N^{(0)}$$

$$Pf := N^{(1)}$$

$$\underline{S} := \text{cspline}(Tn, Pf)$$

$$\underline{pf}(tn) := \text{interp}(S, Tn, Pf, tn)$$

$$pf(33) = 31.277 \blacksquare$$

$$\underline{tn} := 10, 10.1 .. 40$$

$$Q := \begin{pmatrix} 10 & 142.5 \\ 15 & 139.08 \\ 20 & 132.95 \\ 25 & 126.11 \\ 30 & 119.98 \\ 35 & 113.28 \\ 40 & 106.16 \end{pmatrix}$$

$$Tn := Q^{(0)}$$

$$Qx := Q^{(1)}$$

$$Sl := \text{cspline}(Tn, Qx)$$

$$qx(tn) := \text{interp}(Sl, Tn, Qx, tn)$$

$$qx(38) = 109.013 \blacksquare$$

$$tn := 35$$

$$Qxnom := 142.5$$

$$Qxf := 113.3$$

$$pf := 32.4$$

$$EER := \frac{Qxf}{pf} = 3.497 \blacksquare$$

$$\underline{EER}(tn) := \frac{qx(tn)}{pf(tn)}$$

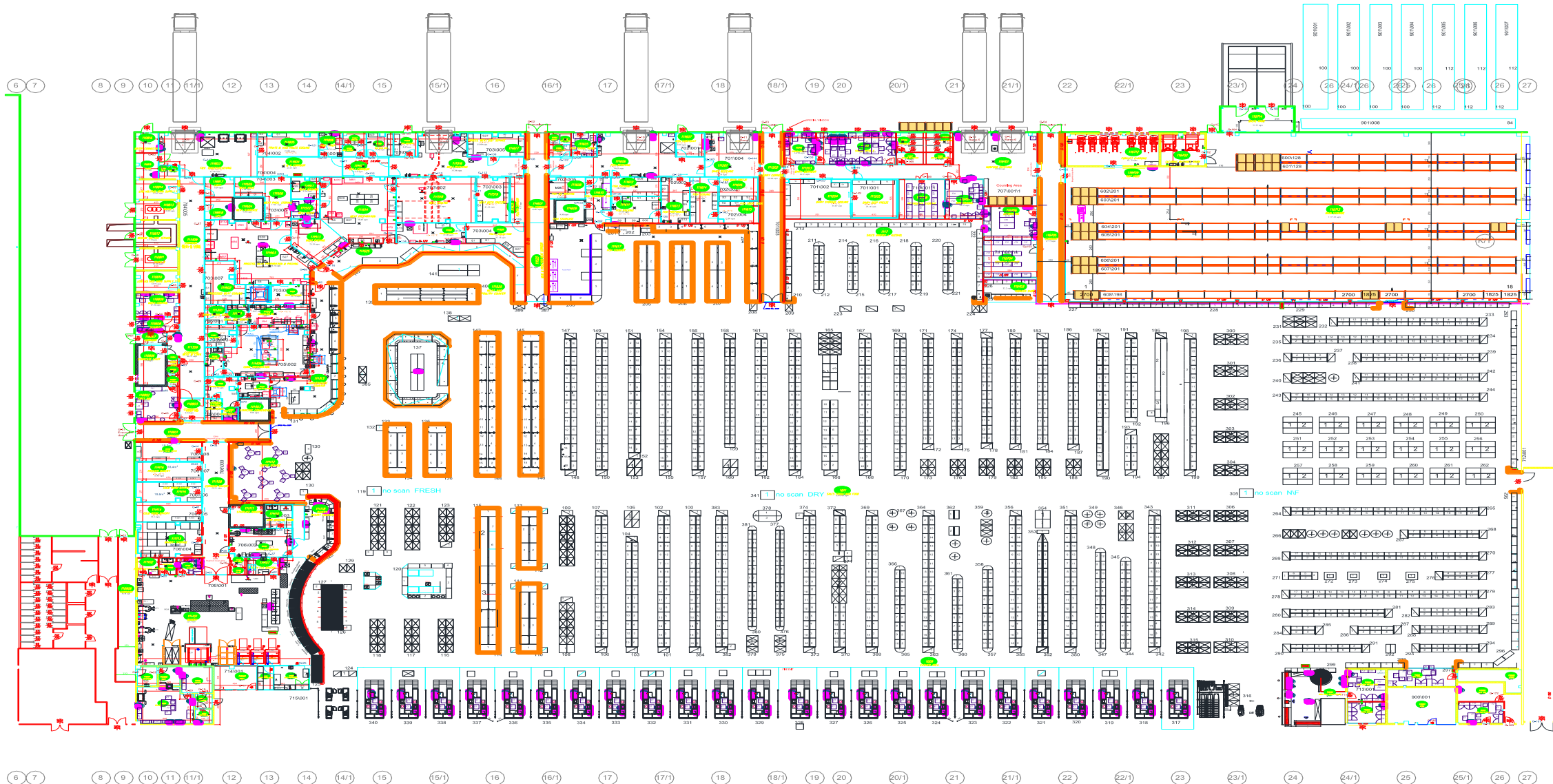
$$EER(10) = 7.33 \blacksquare$$

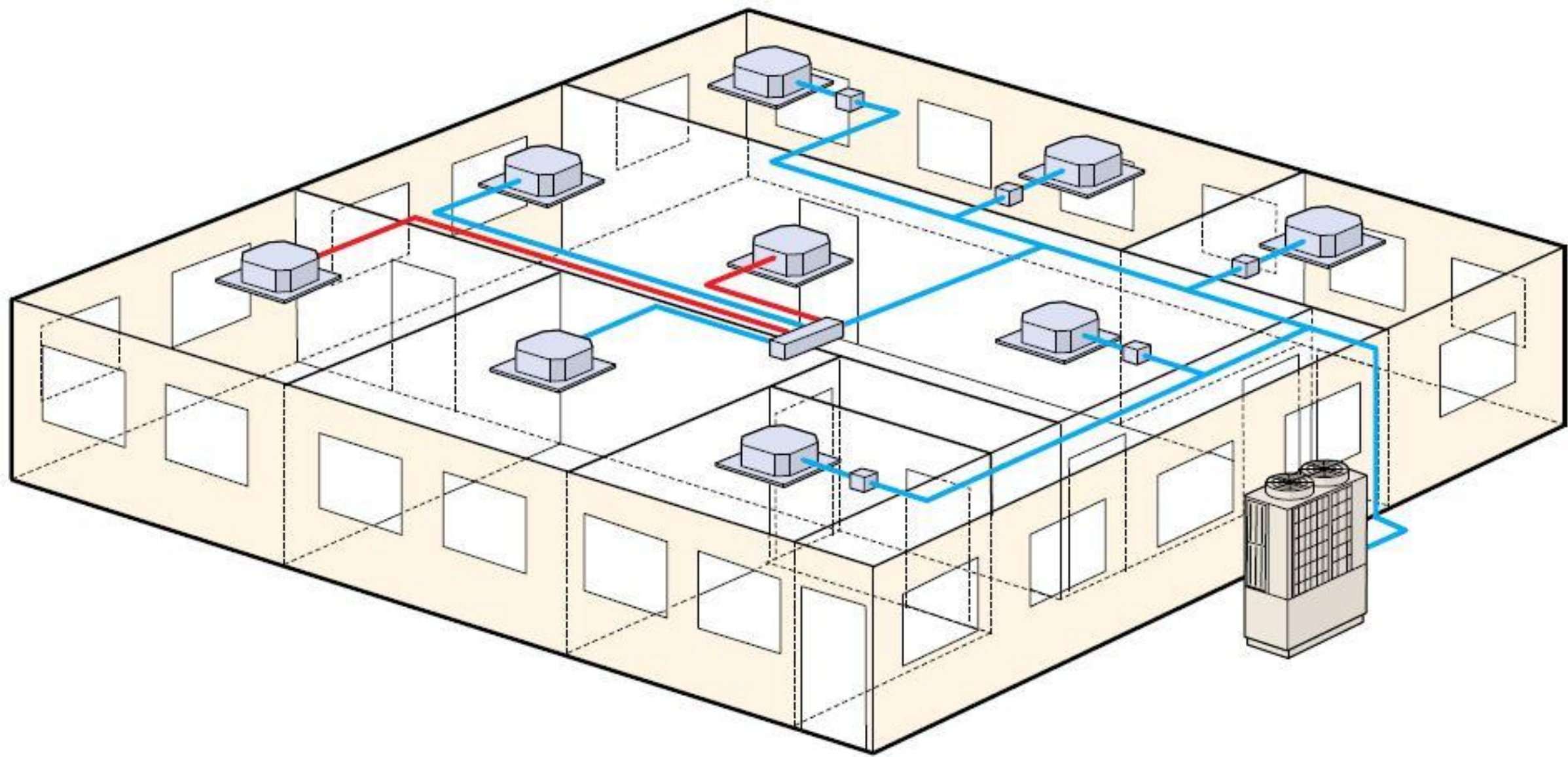
$$EER(35) = 3.496 \blacksquare$$

Залежність холодовидатності від зовнішньої температури

Залежність фактичної холодопродуктивності q_x (tn), фактичній споживаній потужності p_f (tn) і їх відношення EER (tn), яке визначає ефективність роботи МЗС DAIKIN RYYQ34T на охолодження, від зовнішньої температури t_n .







Висновки

Метою дипломного проекту є проектування енергоефективної системи кондиціонування торговельного залу «Сільпо» торговельного центру «City Center» з розробкою мультizonaльної VRF- системи, яка буде автоматично регулювати задані параметри мікроклімату. При цьому ми дотримувались основних техніко-економічних вимог, а це, на сам перед, мінімальна вартість устаткування й будівельно-монтажних робіт, тривалий термін служби, максимально можлива економія електроенергії, води, тепла й особливо дорогого холоду.

Першим етапом розрахунку стало підбір будівельної конструкції , розрахунок теплопередачі стін та кровлі.

Другим етапом дипломного проекту став вибір розрахункових параметрів внутрішнього й зовнішнього повітря. Керуючись нормами проектування, приймали наступні значення температури, відносній вологості й швидкості руху повітря в приміщенні :

- теплий період року – $t_v = 22^{\circ}\text{C}$; $v = 55\%$;
- холодний період року - $t_v = 20^{\circ}\text{C}$; $v = 60\%$;

Вибір розрахункових параметрів зовнішнього повітря визначається кліматичними умовами місцевості й призначенням.

Далі визначили теплові втрат через огороджуючі конструкції. Розраховали тепловиділення від різних джерел вологовиділення. Побудував в d, h -діаграмі процеси обробки повітря в літній та зимовий періоди.

Третій етапі розраховали опору вентиляційної мережі та вибрали вентилятора.

Четвертий етап розрахунок та підбір апаратів обробки повітря (повітряного охолоджувача, повітронагрівача першого підігріву, повітронагрівача другого підігріву, теплоутилізатора, камери зрошування)

П'ятий етап розрахунок і вибір основного холодильного обладнання. Підібрав спіральний компресор і чиллер.

Дякую за увагу

