

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



## ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

**Дослідження енергоефективності системи кондиціонування  
та фільтрації повітря інноваційними технологіями  
для приміщення текстильного цеху капронового корду**

Здобувача (ки) Хоцяновський С.Ю.

2 курсу ХМ161МН групи

Керівник доц., к.т.н. Когут В.О.

Консультанти: .доц., к.т.н. Жихарева Н.В.

доц., к.т.н. Когут В.О.

**Кваліфікаційна робота допускається до захисту**

Рішення кафедри від 01.06.2023 протокол № 10

Завідувач кафедри ХУКП Михайло ХМЕЛЬНЮК

Одеса - 2023 рік

# ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет	Низькотемпературної техніки та інженерної механіки
Кафедра	Холодильних установок і кондиціонування повітря
Ступінь вищої освіти	Магістр
Спеціальність	142 «Енергетичне машинобудування»
Освітньо-наукова програма	Холодильні машини, установки і кондиціонування повітря

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

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

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 року

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Хоцяновського Сергія Юрійовича

1. Тема роботи Дослідження процесів тепловологісної обробки повітря з використанням теплообмінників ежекційного типу (кінцеві охолоджувачі) для систем кондиціонування повітря текстильного цеху капронового корду заводу нетканих матеріалів м. Одеса

Затверджена наказом ОНТУ від \_\_\_\_\_ 30.09.2021 р. \_\_\_\_\_ наказ № 793-03

2. Термін здачі здобувачем закінченої роботи 01.06.2023 р.

3. Вихідні дані роботи промислове підприємство текстильного цеху каронового корду, зимку  $21^{\circ}C$ , температура зовнішнього повітря  $30.0^{\circ}C$  .м.Одеса температура повітря в приміщенні в літку  $22^{\circ}C$ , температура повітря в приміщенні в

4. Перелік питань, які потрібно розробити техніко-економічне обґрунтування, розрахунок процесів кондиціонування повітря, вибір розрахункових параметрів внутрішнього та зовнішнього повітря, розрахунок теплопритоків, обґрунтування вибору обладнання СКП, підбір обладнання.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) актуальність теми, мета роботи та задачі дослідження, методи дослідження, методи багатозональної системи, принцип роботи центральної системи.

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

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання видав
Охоорна праці	Жихарєва Н.В.		

7. Дата видачі завдання 27.10.2022 р.

Керівник \_\_\_\_\_ Когут В.О.

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_ Хоцяновський С.Ю.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд літературних джерел, методик розрахунків, підготовка структури роботи	03.03-04.04.23	
2	Підготовка основних розділів роботи	05.04-30.04.23	
3	Підготовка розділу з охорони праці	01.05-03.05.23	
4	Підготовка економічного розділу	04.05-08.05.23	
5	Оформлення пояснювальної записки кваліфікаційної роботи	09.05-14.05.23	
6	Підготовка графічної частини кваліфікаційної роботи	15.05-28.05.23	
7	Підготовка презентації та доповіді	29.05-31.05.23	
8	Відгук керівника, рецензування, підготовка до захисту кваліфікаційної роботи	01.06-10.06.23	

Здобувач-дипломник \_\_\_\_\_ Хоцяновський С.Ю.

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Жихарєва Н.В.

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

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

Здобувач-дипломник \_\_\_\_\_ Хоцяновський Сергій Юрійович \_\_\_\_\_

## АНОТАЦІЯ

У кваліфікаційній роботі магістра Хоцяновського С.Ю. «Дослідження процесів тепловологісної обробки повітря з використанням теплообмінників ежекційного типу (кінцеві охолоджувачі) для систем кондиціонування повітря текстильного цеху капронового корду заводу нетканих матеріалів м. Одеса» яка складається з: 87 сторінки тексту, 14 рисунків, 8 таблиць, 61 посилання на літературні джерела. В роботі. розглянуті технологічні системи кондиціонування повітря з теплообмінниками ежекційного типу (кінцеві охолоджувачі) текстильного цеху капронового корду заводу нетканих матеріалів м. Одеса, які призначені для створення і автоматичної підтримки температури, відносної вологості, чистоти і швидкості руху повітря, що відповідають оптимальним санітарно-гігієнічним вимогам. Всі технологічні обладнання безліччю тепловиділяючого устаткування, мають щільні склопакети, що не пропускають свіже повітря в приміщення, а поверхні зовнішнього скління пропускають великі кількості сонячної енергії. Ці фактори можуть негативно відбитися на працездатності, самопочуття і навіть здоров'я людини при тривалому знаходженні в таких приміщеннях текстильного цеху.

**Ключові слова:** системи кондиціонування, тепло припливи , комплексна система теплообмінників ежекційного типу (кінцеві охолоджувачі).

**Ключові слова:** системи кондиціонування, параметри повітря, капроновий корд, , вентиляція, ежекційне зволоження, фільтрація повітря , ізоляція . теплообмінник.

## ANNOTATION

In the master's thesis of Hotsyanovsky S.Yu. "Investigation of processes of thermal processing of production with the endurance of ejection energy-consuming heat exchangers (cooling ends) for air-conditioning systems of the production of the textile shop of the kapron cord factory of non-woven materials in Odessa" as compiled from: 87 pages of text, 14 figures, 8 tables, 61 references to literary sources. At work. disclosure of the technological system of air conditioning with heat exchangers of ejection regulation (end coolers) of the textile workshop of the kapron cord of the plant of non-woven materials in Odessa, as it is recognized for construction and automatically controls temperature regimes, relative humidity, cleanliness and wind speed, which meet optimal sanitary and hygienic requirements . All technological equipment with a lot of heat-releasing residue have double-glazed windows that do not let fresh air into the room, and the surfaces of the external glazing let in a large amount of solar energy. These factors can cause negative reactions to productivity, self-awareness, and even health of people when they stay in such premises of a textile workshop for a long time.

**Key words:** air-conditioning systems, heat supply, a complex system of heat exchangers of ejection regulation (end coolers).

**Key words:** air conditioning systems, coating parameters, kapron cord, ventilation, ejection humidification, mold filtration, insulation. heat exchanger



6. ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПРИМІЩЕНЬ КАПРОНОВОГО КОРДУ .....	54
6.1 Спосіб та установка додаткового охолодження повітря.....	54
7. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗИКІВ ПРОЕКТУ.....	74
8. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	85
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	93

## **ВСТУП**

Технологічні системи кондиціонування повітря з теплообмінників ежекційного типу (кінцеві охолоджувачі) текстильного цеху капронового корду заводу нетканих матеріалів м. Одеса призначені для створення і автоматичної підтримки температури, відносної вологості, чистоти і швидкості руху повітря, що відповідають оптимальним санітарно-гігієнічним вимогам. Всі технологічні обладнання безліччю тепловиділяючого устаткування, мають щільні склопакети, що не пропускають свіже повітря в приміщення, а поверхні зовнішнього скління пропускають великі кількості сонячної енергії. Ці фактори можуть негативно відбитися на працездатності, самопочуття і навіть здоров'я людини при тривалому знаходженні в таких приміщеннях текстильного цеху.

### **Мета роботи та задачі дослідження.**

Дослідження кондиціонування повітря з теплообмінників ежекційного типу (кінцеві охолоджувачі) текстильного цеху капронового корду заводу нетканих матеріалів м. Одеса для тепловологісної обробки повітря з використанням моделювання процесів охолодження для систем кондиціонування повітря

### **Методи дослідження**

Ескізна та графічна розробка принципової схеми Технологічні системи кондиціонування повітря з теплообмінників ежекційного типу (кінцеві охолоджувачі) текстильного цеху капронового корду заводу нетканих матеріалів м. Одеса та експерименти з визначенням показників економічної ефективності холодильної установки, чисельні методи та методи оптимізації.

### **Теоретична цінність**

Полягає в дослідженні та розробці тепловологісної обробки повітря для текстильного цеху капронового корду заводу нетканих матеріалів систем кондиціонування повітря .

### **Фактологічна база.**

Фактологічною базою дослідження є типи, види і різні схемні рішення апаратів систем технологічного кондиціонування повітря. В якості джерел інформації використані: підручники, методичні рекомендації, періодичні видання за спеціальністю холодильна техніка та веб-сайти фірм виробників.

### **Структура роботи.**

Включає 6 розділів основної частини, висновків, списку використаних джерел інформації та додатків.

### **Задачі дослідження.**

Полягає в дослідженні та розробці тепловологісної обробки повітря текстильного цеху капронового корду заводу нетканих матеріалів для систем кондиціонування повітря, що включає розрахунок параметрів кондиціонування повітря методом сплайнів, розрахунок економічно-доцільної товщини ізоляції; розрахунок тепловологісного навантаження, підбір обладнання системи кондиціонування. Підібрати систему кондиціонування текстильного цеху капронового корду заводу нетканих матеріалів що дозволяє підтримувати параметри повітря.

# 1. ОСОБЛИВОСТІ ВИРОБНИЦТВА ПРИМІЩЕННЯ КАПРОНОВОГО КОРДУ

## 1.1 Параметри повітря як важливий виробничий фактор

Більшість технологічних процесів відбуваються в повітряному середовищі. З одного боку повітря може бути сировиною, з іншого боку він визначає параметри довкілля, в якому відбуваються виробничі процеси. Повітря так само грає важливу роль при зберіганні продукції, причому це відноситься не лише до харчових продуктів, але і до будівельних матеріалу, техніці і так далі. Так само в повітряному середовищі відбувається життєдіяльність людини. Нарешті повітря є поширеною робочою речовиною багатьох машин і установок.

У усіх перерахованих випадках параметри повітря грають визначальну роль і впливають як на якість отримуваної або такої, що зберігається продукції, так і в деяких випадках на безпеку. Вони ж визначають рівень комфорту в приміщенні. Основним завданням є автоматична підтримка складу і параметрів його (температури, відносної вологості і швидкості), сприятливих для роботи і відпочинку людей або обумовлених технологічним процесом виробничих підприємств.

Параметрами, що визначають якість повітря, є температура і вологість. У багатьох випадках важливу роль грає рівень забруднення, причому забрудниками можуть виступати як механічні частки, так і продукти життєдіяльності людини. У системах комфортного і технологічного кондиціонування найбільше поширення отримали процеси охолодження з подальшим осушенням і нагрів з подальшим зволоженням.

Для холодильної техніки особливу актуальність отримала підтримка високого значення вологості в камерах схову неупакованих продуктів. Для складів з нехарчовими товарами щоб уникнути корозії необхідно підтримувати низьку відносну вологість. Виробничі процеси можуть

відбуватися при самих різних рекомендованих параметрах повітряного середовища.

Сучасні технології обробки повітря дозволяють підтримувати температуру і відносну вологість практично на будь-якому рівні і відрізняються різноманітністю вживаних технологій.

У камерах з близькими до нуля і плюсовими температурами потрібно, як правило, стабільну підтримку відносної вологості повітря на технологічно заданому рівні. При цьому, залежно від умов, як зовнішніх по відношенню до камери, так і внутрішніх, виникає необхідність в осушенні повітря або його зволоженні.

## **1.2 Вплив вологого повітря на життєдіяльність людини**

При зміні оптимальних параметрів вологості відбувається зниження імунітету. Здоров'я людини погіршується, з'являється почуття втоми і млявості. У домашніх умовах, де клімат змінений, природний баланс вологості порушується. Особливо це відчувається в зимовий період. Саме в цей час перепад вологості найбільш суттєвий. Повітря, потрапляючи в приміщення, висушується із-за загального опалювання в кімнатах.

Занадто сухе повітря може висушувати шкіру і швидше зневоднювати організм. В першу чергу страждають слизові оболонки, що контактують з відкритим повітрям, вони покриваються мікротріщинами і пересихають, відкриваючи пряму дорогу в організм шкідливим бактеріям і вірусам. При відносній вологості повітря менш 10аже здорові люди переживають відчуття сухості в носоглотці, "різь" в очах, може навіть початися носова кровотеча.

Особливо небезпечне сухе повітря для хворих бронхіальною астмою, у них спостерігається загальне погіршення самопочуття, можливі напади. Досить довге перебування в сухому повітрі загрожує зниженням імунітету і частими респіраторними захворюваннями. Це трапляється через те, що

пересушена слизова оболонка перешкоджає нормальному диханню, внаслідок чого організм не отримує достатньої кількості кисню.

Проте, сухе повітря дозволяє легше переносити низькі і високі температури. Так, наприклад, при малій відносній вологості літня жара переноситься легше, ніж та ж температура, але в районах з високою вологістю. Те ж саме і з негативними температурами. Люті морози при низькій вологості приносять набагато менший дискомфорт, ніж невеликий "мінус" в умовах вологого повітря.

Велика концентрація вологи не дозволяє тілу людини підтримувати нормальну температуру - не працює належним чином механізм терморегуляції. Щоб охолодити себе, людське тіло використовує потовиділення. Піт, випаровуючись з поверхні шкіри, виводить зайве тепло. При високій вологості організм починає працювати з підвищеною силою, а це призводить до зворотного результату - перегрівання. Можливі млявість, блювота, втрата свідомості, сильна в'язкість крові і, як наслідок, проблеми з серцем. Навіть можливе кисневе голодування мозку.

На високу вологість особливо сильно реагують хворі гіпертонічною хворобою, атеросклерозом, люди з різними серцево-судинними захворюваннями. При сильно вологому повітрі (80÷95) можливі загострення і напади.

Велика вологість у поєднанні з низькою температурою небезпечна занадто сильним переохолодженням і обмороженнями. Це може статися і близько 0°C, а не тільки при мінусі.

Насичене вологою тепло - ідеальні умови для розвитку бактерій і всіляких грибків, що може привести до виникнення і посилення алергічних реакцій.

Постійне перебування людини в приміщеннях з високою вологістю призводить до зниження опірності організму до інфекційних і простудних

захворювань, а також до серйозніших наслідків: захворюванню нирок, туберкульозу, ревматизму і так далі

Від високої вологості страждає не лише організм людини, але і інтер'єр приміщень. У вологих місцях розвиваються грибок і пліснява, що виділяють велику кількість спор в атмосферу приміщення, заражаючи повітря, яким ми дихаємо. Небезпека високої вологості - в повільній швидкості реакцій. Упродовж багатьох років можна не помічати причини погіршення здоров'я, самопочуття і появи різних хвороб.

Проте насичене вологе повітря дуже корисне. Саме тому на березі озера або річки людина відчуває себе добре. Таке повітря насичує організм людини, полегшуючи головні болі і інші погіршення здоров'я. Не випадково під час відпустки багатьох тягне на морські узбережжя.

"Правильна" вологість - один з найважливіших критеріїв мікроклімату для дитини, особливо новонародженої. Незважаючи на потужні захисні функції тільки що народженої дитини, він все ж має особливо вразливі місця. І в першу чергу це шкіра, яка до моменту народження увесь час перебувала в оточенні навколоплідних вод, і, особливо, слизові оболонки.

Вологе повітря в спальні немовляти полегшує дихання, запобігає закупорці носа, ефективний при лікуванні бронхіту, сухого кашлю, крупу і інших захворювань дихальних шляхів.

Виходячи з цього необхідність у підтримці нормативно заданої вологості повітря [2], є основним шляхом для доброго самопочуття людини та, так само дозволяє запобігти різним респіраторним захворюванням.

### **3 Системи кондиціонування повітря текстильного цеху капронового корду**

Одеський текстильний цех капронового корду заводу нетканих матеріалів єдиний в Україні виробник технічних та текстильних тканин та поліамідних гранулятів. Виробничі потужності заводу здатні забезпечити випуск до 50 т/добу капронових та до 36 т/добу анідних ниток та волокон. На сьогодні потужності заводу здатні переробити 65 тони капролактаму на добу;

буде реалізовано проект, який дозволить збільшити цей показник до 160 тон. Складається з трьох виробничих підрозділів: виробництво «Капрон», виробництво «Анід», текстильно-галантерейний цех.



Рис.1.Виробництво капронового корду



Рис.2.Автомобільної гуми передбачає не використання волокон капронового корду.

Радіальна конструкція автомобільної гуми передбачає не перехрещення волокон корду, а радіальне (меридіональне) розташування — нитки спрямовані в бік іншого борту.

Висока температура на виробництві всередині приміщення сприяє зниженню продуктивності; підвищеному потовиділенню; проблемам зі сном; появі слабкості.

Спеціалізовані - системи та обладнання для кондиціювання VRF на даний момент вважаються найдосконалішими серед обладнання,

призначеного для кондиціювання приміщень. За допомогою такої техніки можна забезпечити достатньо ефективно обслуговування будівель значних площ. До подібної техніки пред'являються найвищі вимоги як на етапі виробництва, так і в процесі установки і експлуатації.



Рис.3. Ефективна система кондиціювання приміщень виробництва

Щоб приміщення добре провітрювалось, а система кондиціювання повітря працювала коректно, слід вибрати обладнання, що підходить за параметрами і потужністю. Система кондиціювання виконує важливу функцію - фільтрує повітря, що, в свою чергу, благотворно впливає на здоров'я людини. В комплекті є фільтри:

Промислові системи кондиціювання дозволяють приводити до кліматичної норми показники повітря приміщень виробництва

### **Висновок**

Зробивши аналіз літературних джерел показано поставлена задача:

- розглянути засоби багатозональних систем кондиціювання повітря з ежекційними доводчиками;
- виявити особливості систем кондиціювання повітря текстильного цеху капронового корду заводу нетканих матеріалів;
- запропоновано шляхи підвищення ефективності багатозональних систем кондиціювання повітря з ежекційним доводчиком.

## ОСНОВНІ ВИХІДНІ ДАНІ ПРОЕКТУ

### 2.1 Характеристика будівельних конструкцій

Місце розташування об'єкта: місто Одеса.

Найменування об'єкта: Текстильний цех капронового корду

Географічна широта:  $48^{\circ}$

Розрахункові літні параметри повітря категорії Б:

#### Початкові дані:

$t_n=30^{\circ}\text{C}$ ,  $h_n=62$  кДж/кг,

Параметри у приміщенні:  $t_b=22^{\circ}\text{C}$ ,  $\varphi_b=50\%$ .

Висота приміщення: 6 м.

**Стіна:** штукатурка  $\delta=25$  мм; залізобетон  $\delta=60$ мм; штукатурка  $\delta=25$  мм.

**Кровля:** безгорищне покриття: залізобетона плита  $\delta=150$  мм;

вирівнюючий слой (цементно-пісчаний)  $\delta=20$  металлочерепиця  $\delta=0,45$  мм.

#### *Визначаємо необхідну товщину термоізоляції стін:*

*Стіни виконані з таких матеріалів:* [1]

штукатурка  $\delta = 25$  мм;  $\lambda = 0,7$  Вт/(м · К);

залізобетон  $\delta = 100$  мм;  $\lambda = 2,04$  Вт/(м · К);

штукатурка  $\delta = 25$  мм;  $\lambda = 0,7$  Вт/(м · К);

пенополиуретан  $\lambda = 0,047$  Вт/(м · К);

Керуючись нормами проектування, приймаємо наступні значення

температура повітря в приміщенні влітку  $t_b = 22^{\circ}\text{C}$ ;

температура повітря в приміщенні взимку  $t_b = 22^{\circ}\text{C}$ ;

відносна вологість повітря в приміщенні влітку  $\varphi_b = 50\%$ ;

відносна вологість повітря в приміщенні взимку  $\varphi_b = 50\%$ .

### 3.2 Визначення теплоприпливів через огорожуючі конструкції

Теплий період року.

В приміщенні підтримується постійна температура повітря 22°C.

Максимальний тепловий потік сонячної радіації через вікна розраховуємо за формулами, при коефіцієнті тепло пропускання для подвійне скління в металевих розділених рамах  $K_4=0,61$ (ДБН-3-79) та відсутності захисних споруд на вікнах  $K_1=1; K_2=1, K_3=1$ .

$$Q_{oc,i} = (q_n K_1 + q_p K_2) K_3 K_4 A_{oc} \quad (3.1)$$

Де  $q_n, q_p$  - поверхнева щільність теплового потоку, Вт/м<sup>2</sup>, через осклений світловий отвір в липні в дану годину доби відповідно прямої та розсіяної сонячної радіації, яка приймається для вертикального та горизонтального скління за ДБН-2016 ;  $K_1 = K_{n,e} \cdot K_{n,g}$  - коефіцієнт опромінення сонячною радіацією для рахунку площі світлового отвору, незатіненого горизонтальною та вертикальною площинами в будівельному виконанні.

Параметри за сторонами світу.

На південно-західній стороні:

площа 12 м<sup>2</sup>;

максимальна щільність потоку прямої радіації 106 Вт/м<sup>2</sup>;

максимальна щільність потоку розсіяної радіації 78Вт/м<sup>2</sup>.

На північно-західній стороні:

площа 12 м<sup>2</sup>;

максимальна щільність потоку прямої радіації 385Вт/м<sup>2</sup>;

максимальна щільність потоку розсіяної радіації 98Вт/м<sup>2</sup>.

Таким чином максимальний тепловий потік сонячної радіації через вікна на південно-західній стороні:

$$Q_{oc,i} = (106 \cdot 1 + 78 \cdot 1) \cdot 1 \cdot 0.61 \cdot 12 = 1347$$

на північно-західній стороні:

$$Q_{oc,i} = (385 \cdot 1 + 98 \cdot 1) \cdot 1 \cdot 0.61 \cdot 12 = 3536$$

Для знаходження показника  $a_n$  поглинання приміщенням теплового потоку сонячної радіації знаходимо коефіцієнти тепло засвоєння  $Вт/(м^2 \cdot К)$ :

Для вікон:

$$Y_{oc} = \frac{1}{R_{oc} - 1/\alpha_{вн}}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad (3.2)$$

Де  $R_{oc}$  – термічний опір теплопередачі осклених світлових отворів, який приймається з додатку 6 ДБН-3-79.

$A_{вн}$  – коефіцієнт тепловіддачі, який приймаємо по табл.4 ДБН-3-79.

$$Y_{oc} = \frac{1}{0.34 - 1/8} = 4.65, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Для зовнішньої стіни за шаром утеплювача:  $D=2,17 > 1$ , то  $Y_{ст} = S_{yt} = 1.1$   $Вт/(м^2 \cdot К)$ .

Для перегородок проводиться розрахунок для половини їх товщини залізобетону:  $D/2 = 0.65 < 1$ , то

$$Y_{пер} = R_m S_m^2, \text{ (Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})) \quad (3.3)$$

$$Y_{пер} = 0.29 \cdot 12.2^2 = 43.16 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}),$$

Де  $R_m$  – термічний опір частини шару перегородки, розділеної по осі симетрії,  $[(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}]$ ;

$S_m$  – коефіцієнт тепло засвоєння матеріалу шару на кордоні розділення,  $[\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})]$ .

Для перекриття по шару залізобетонної плити:  $D=1.3 > 1$ ,

То  $Y_{пер} = S_{жел.} = 18.7$   $(\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}))$ .

Показник сумарного тепло засвоєння приміщення:

$$\sum Y = Y_{oc} F_{oc} + Y_{ст} F_{ст} + Y_{пер} F_{пер} + Y_{пер} F_{пер} \quad (3.4)$$

Де  $A_{ст}$  – внутрішні поверхні огорожень приміщення,  $м^2$

$$\sum Y = 4.65 \cdot 24 + 1.1 \cdot 63,62 + 18.7 \cdot 71,155 + 43,16 \cdot 33,58 = 2962 \text{ Вт}/\text{К}$$

Показник інтенсивності конвективного теплообміну:

$$\Delta = 2.55(F_{oc} + F_{ст} + F_{нок} + F_{пер}), \text{ м}^2 \quad (3.5)$$

$$\Delta = 2,55(24+63,62+71,155 +33,58)=490,5\text{м}^2$$

Показник поглинання приміщенням теплового потоку сонячної радіації:

$$a_{\pi} = \varphi \left( \sum \frac{Y}{\Delta} \right) \quad (3.6)$$

$$a_{\pi} = \varphi(2962/490,5) = \varphi(6,03)$$

### 3.3 Визначаємо величину теплового потоку теплопередачею через вікна.

$$Q_{\Delta t} = (t_{н} + 0,5\theta_1 A_{м.с.} - t_n) F_{oc} / R_{oc}, \text{Вт} \quad (3.7)$$

Для південно-західної стіни:

$$Q_{\Delta t} = (31 + 0,5 \cdot 1 \cdot 16,1 - 25) 12 / 0,34 = 496 \text{Вт}$$

Для північно-західної стіни:

$$Q_{\Delta t} = (31 + 0,5 \cdot 1 \cdot 16,1 - 25) 12 / 0,34 = 496 \text{Вт}$$

Де  $t_{нар}$  – середня за добу температура зовнішнього повітря, °С, яка приймається рівною температурі липня в графі 3 «Температура зовнішнього повітря» ДБН 2016

$A_{мс}$  – максимальна добова амплітуда температури зовнішнього повітря в липні, яка приймається за ДБН 2016

$\theta_1$  – коефіцієнт який виражає гармонічне змінення температури зовнішнього повітря, який приймається по таблиці 6 посібника до ДБН 2.04.05-91.

$T_{п}$  – температура повітря в приміщенні, °С, яка приймається за ДБН 2.04.05-91.

$A_{oc}, R_{oc}$  – площа,  $m^2$ , та приведений опір теплопередачі,  $m^2K/Вт$ , скління світлового прорізу, яке приймається за посібником до ДБН 2.04.05-91.

Знаходимо величину теплового потоку через зовнішню стіну

$$Q_M = \left[ \frac{1}{R} \cdot \left( t_{нар} + \rho \cdot \frac{j_{сп}}{\alpha_n} - t_n \right) + \frac{\beta_k \cdot \alpha_{вн}}{V} \left( 0,5 \cdot \theta_1 \cdot A_{м.с.} + \frac{\rho}{\alpha_n} \cdot \theta_2 \cdot A_j \right) \right] F_M \quad (3.8)$$

$$Q_M = \left[ \frac{1}{0,34} \cdot \left( 31 + 0,7 \cdot \frac{177}{23} - 25 \right) + \frac{1,8}{1228} \left( 0,5 \cdot 1 \cdot 16,1 + \frac{0,7}{23} \cdot 1 \cdot 320 \right) \right] 63,62 = 2138 \text{Вт}$$

Де  $R$  – опір теплопередачі масивної захисної конструкції(зовнішньої стіни, перекриття),  $m^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ , яке приймається у відповідності до вимог п.п.2.6-2.9 ДБН-3-79;

$t_{нар}, t_n$  – середня температура зовнішнього повітря в липні за ДБН 2.01.01-82, та температура повітря в приміщенні.

$P$  – коефіцієнт поглинання сонячної радіації поверхнею захисних конструкцій ,

$J_{ср}$  – середньодобове значення поверхневої щільності теплового потоку сумарної сонячної радіації (прямої та розсіяної),  $\text{Вт}/m^2$ , яка поступає в липні,

$\beta_k$  – коефіцієнт, який дорівнює 1 при відсутності вентиляваного повітряного прошарку в огороженні(перекритті) та дорівнює 0,6 для усіх інших захисних конструкцій;

$V$  – величина затухань амплітуди коливань температури зовнішнього повітря в захисній конструкції, яка визначається за п. 3.4 ДБН-2016 або за формулою:

$$V = 2^{\Sigma D} \left( 0.83 + 3 \cdot \frac{\Sigma R}{\Sigma D} \right) \cdot V_c \cdot V_a \quad (3.9)$$

$$V = 2^{9.83} \left( 0.83 + 3 \cdot \frac{2.42}{9.83} \right) \cdot 0.86 \cdot 1 = 1228$$

Де  $\Sigma R$  – термічний опір огороження,  $\text{Вт}/(m^2 \text{ } ^\circ\text{C})$

$\Sigma D$  – теплова інерція огороження.

Для багат шарових конструкцій:

$$V_c = 0.85 + 0.15 \cdot \frac{S_2}{S_1} \quad (3.10)$$

$$V_c = 0.85 + 0.15 \cdot \frac{1.1}{12.2} = 0.86$$

Де  $S_1$  і  $S_2$  – коефіцієнти тепло засвоєння матеріалів першого та другого шару по ходу теплової хвилі,  $\text{Вт}/(m^2 \text{ } ^\circ\text{C})$ , за ДБН-2016;

$V_a = 1$ , оскільки немає повітряного прошарку;

$\theta_1 \theta_2$  – коефіцієнти, які приймаються за табл.6 за посібником до

ДБН 2.04.05-91, відповідно при  $\varepsilon_1 = \varepsilon + 10$ ,  $\varepsilon_1 = \varepsilon + z$ .

$E$  – запізнювання температурних коливань в огороженні;

$z$  – час максимуму сумарної(прямої та розсіяної) сонячної радіації, яке приймається за табл.7 та 8 за посібником до ДБН 2.04.05-91.

$A_M$  – площа масивної захисної конструкції(зовнішньої стіни, перекриття),  $m^2$ .

$\alpha_{вн}$ ,  $\alpha_{вн}$  – коефіцієнти тепловіддачі зовнішньої та внутрішньої поверхні огороження,  $Вт/(m^2 \cdot ^\circ C)$ , яке визначається за ДБН-3-79.

$R=0,3$  для штукатурки (зовнішній шар стіни)

$J_{cp}=177 \text{ Вт}/m^2$  для південно-західної та північно-західної орієнтації,

$A_j = 497 - 177 = 320 \text{ Вт}/m^2$

$$\varepsilon = 2.7 \cdot \sum D - 0.4 (\text{год}) \quad (3.11)$$

$$\varepsilon = 2.7 \cdot 9.83 - 0.4 = 26 (\text{год})$$

$$\varepsilon_1 = 26 + 10 = 36 (\text{год}) \text{ для південно-західної стіни;}$$

$$\varepsilon_2 = 26 + 2 = 28 (\text{год}) \text{ для північно-західної стіни;}$$

Якщо  $\varepsilon = a > 24$  год, то значення коефіцієнта  $\theta$  приймається для відповідної години доби при  $\varepsilon = a - 24$  год.

Тоді:

$$\varepsilon_1 = 36 - 24 = 12 (\text{ч}); \quad \varepsilon_2 = 28 - 24 = 4 (\text{ч});$$

### 3.4 Розрахунок теплових виділень від різних джерел

Тепловиділення від людей

$$Q_{л}^{нов} = n_{люд} \cdot q_{нов}, \text{ Вт}; \quad (3.12)$$

$n_{люд} = 8$  чел.; – кількість людей одночасно перебувають у приміщенні;

Приймаємо роботу легкої важкості, тоді

$$Q_{л}^{нов} = 8 \cdot 145 = 1160 \text{ Вт};$$

#### 3.4.1 Визначаємо явні й сховані теплоприпливи від людей:

$$Q_{л}^{скр} = n \cdot q_{люд}^{скр}, \text{ Вт} \quad (3.13)$$

$$Q_{л}^{яв} = 8 \cdot 81 = 648 \text{ Вт}$$

$$Q_{л}^{сх} = Q_{люд} - Q_{люд}^{явн}, \text{ Вт} \quad (3.14)$$

$$Q_{л}^{сх} = 1160 - 648 = 512 \text{ Вт}$$

### 3.4.2 Тепловиділення від штучного освітлення

$$Q_{осв} = q_{осв} \cdot F_{пол} \cdot z \text{ Вт} \quad (3.15)$$

$q_{осв}$  – тепловиділення від висвітлення на  $1 \text{ м}^2$  площі підлоги;

$F_{пол}$  – площа підлоги;

$z$  – освітленість.

$$Q_{осв} = 15 \cdot 71.15 \cdot 0.5 = 533.6 \text{ Вт}$$

### 3.4.3 Надходження теплоти від обладнання

$$Q_{обл} = N_{обл} \cdot n \text{ кВт} \quad (3.16)$$

$$Q_{обл} = 3 \cdot 6 = 18 \text{ кВт}$$

### 3.4.4 Повний теплоприплив приміщення

$$Q_{пол} = Q_{к.л} + Q_{осв} + Q_{обл} \text{ Вт} \quad (3.17)$$

$$Q_{пол} = 1160 + 533.6 + 18000 = 19694 \text{ Вт}$$

## 3.5 Розрахунок вологовиділень

### 3.5.1 Вологовиділення від людей

$$W_{л} = n \cdot W_{люд} \text{ кг/с} \quad (3.18)$$

де  $n$  – число людей у приміщенні;

$W_{л} = 0.000041 \text{ кг/с}$  – вологовиділення від однієї людини;

$$W_{л} = 8 \cdot 0.041 = 0.000328 \text{ кг/с};$$

### 3.5.2 Вологовиділення від вологого прибирання

$$W_{вол.пр.} = \sigma F_n (d_{г} - d_{с}) \cdot 0.1, \text{ кг/с} \quad (3.19)$$

де  $\sigma$  - коефіцієнт вологообміну,  $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$

$$\sigma = \frac{\alpha}{c_p^g} = \frac{\alpha}{c_p^{с.г.} + c_p^n \cdot d_{ср}}, \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с}) \quad (3.20)$$

$$\sigma = \frac{\alpha}{c_p^g} = \frac{8}{1.006 \cdot 10^3 + 1.86(9.3 + 20.5)/2} = 0,0077 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с}),$$

де  $c_p$  – ізобарна теплоємність, кДж/кг·К;

$d_6, d''_6$  - вологовміст повітря при заданій відносній вологості і на лінії насичення.

$$W_{\text{вол.пр}} = 7,7 \cdot 10^{-3} \cdot 71,15 \cdot (20,5 - 9,3) \cdot 10^{-3} \cdot 0,1 = 0,00061 \text{ кг/с}$$

### 3.5.3 Сумарні вологовиділення в приміщенні

$$W_{\text{нов}} = W_l + W_{\text{вол.уб}}, \text{ кг/с} \quad (3.21)$$

$$W_{\text{нов}} = 0,00032 + 0,00061 = 0,00094, \text{ кг/с}$$

### 3.6 Визначаємо загальні сховану і явну теплоту

$$Q_{\text{скр}} = \sum Q_{\text{скр}}, \text{ Вт} \quad (3.22)$$

$$Q_{\text{вол.пр}}^{\text{сх}} = r \cdot W_{\text{вол.пр}} = 2461 \cdot 0,00094 = 2313, \text{ Вт} \quad (3.23)$$

$$Q_l^{\text{сх}} = r \cdot W_l = 2461 \cdot 0,000328 = 807, \text{ Вт} \quad (3.24)$$

$$\sum Q_{\text{сх}} = 3120, \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{явн}} = Q_{\text{нов}} - Q_{\text{сх}}, \text{ Вт} \quad (3.25)$$

$$Q_{\text{явн}} = 19694 - 3120 = 16574, \text{ Вт}$$

### 3.7 Визначаємо тепловологісну характеристику

$$\varepsilon = \frac{Q_{\text{нов}}}{W_{\text{нов}}}, \text{ кДж/кг} \quad (3.26)$$

$$\varepsilon = \frac{19,694}{0,00094} = 20951, \text{ кДж/кг}$$

### 3.8 Массова витрата повітря

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

#### 3.8.1 По балансу загальної теплоти

$$G_1 = \frac{Q_{\text{нов}}}{h_6 - h_n}, \text{ кг/с;} \quad (3.27)$$

де  $h_6 = 49$  кДж/кг- ентальпія повітря приміщенні;

$h_n = 42,9$  кДж/кг- ентальпія припливного повітря;

$$G_1 = \frac{19,694}{49 - 42,9} = 3,22, \text{ кг/с}$$

### 3.8.2 По балансу явної теплоти

$$G_2 = \frac{Q_{\text{явн}}}{c_p \Delta t_p}, \text{ кг/с} \quad (3.28)$$

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

$$C_p = 1.006 + 1.86 \cdot d \text{ кДж} \quad (3.29)$$

$$C_p = 1.006 + 1.86 \cdot 9.3 \cdot 10^{-3} = 1.0232 \text{ кДж}$$

$$G_2 = \frac{16,574}{1.0232 \cdot 5} = 3,23, \text{ кг/с}$$

### 3.8.3 По балансу вологи

$$G_3 = \frac{W_{\text{нов}}}{d_e - d_n}, \text{ кг/с} \quad (3.30)$$

де  $d_e$  - вологовміст повітря в приміщенні, кг/кг<sub>св.</sub>;

$d_n$  - вологовміст припливного повітря, кг/кг<sub>св.</sub>;

$$G_3 = \frac{0.00094}{(9,5 - 9,1) \cdot 10^{-3}} = 2,35 \text{ кг/с}$$

### 3.8.4 За газовими шкідливостями

$$G_4 = \frac{G_{\text{ер}} \cdot \rho_{\text{ер}}}{(C_{\text{ндк}} - C_n) \cdot 3600} \quad (3.31)$$

$$G_4 = \frac{0,00001 \cdot 1,42}{(1 \cdot 10^{-8} - 0,7 \cdot 10^{-8}) \cdot 3600} = 1,3 \text{ кг/с}$$

де  $G_{\text{ер}}$  - розрахункова кількість шкідливостей, кг/год;

$\rho_{\text{ер}}$  - щільність шкідливих речовин, кг/м<sup>3</sup>;

$C_{\text{ндк}}$  - припустима концентрація шкідливостей у робочій зоні, кг/м<sup>3</sup>;

$C_n$  - концентрація шкідливостей в зовнішньому повітрі, кг/м<sup>3</sup>;

Приймаємо  $G_T = 3,23 \text{ кг/с}$ .

$$L = \frac{3600 \cdot G_{\text{max}}}{\rho_B}; \text{ кг/с} \quad (3.32)$$

$$L = \frac{3600 \cdot 3,23}{1.19} \cdot 1,1 = 10748 \text{ кг/с}$$

$$G_{\text{кд}} = \frac{L_{\text{кд}} \cdot \rho}{3600}; \text{ кг/с} \quad (3.33)$$

$$G_{\kappa\delta} = \frac{10748 \cdot 1.19}{3600} = 3,55 \text{ кг/с}$$

$$L_{\kappa\delta} = 10748 \cdot 1.05 = 11285 \text{ кг/с} \quad (3.34)$$

Таблиця 3.1 - Сумарна таблиця розрахунку теплопритоків

Приміщення	Q <sub>пол</sub> , кВт	W <sub>пол</sub> , кг/с	ε, кДж/кг·К	G, кг/с
Перший поверх	19,694	0.00094	20951	3,23

### 3.9 Побудова процесу в h-d діаграмі (літній процес)

Для побудови процесу в h-d діаграмі необхідно визначити тепловологісну характеристику

$$\varepsilon = \frac{Q_{\text{пол}}}{W_{\text{пол}}}, \text{кДж/кг} \quad (3.35)$$

де Q – надходження тепла в приміщення, кВт;

W - надходження вологи в приміщеннях, кг/с.

Будуємо на діаграмі ε процесу.

Зовнішнє повітря в кількості  $G_{\text{н}} = \text{м}^3/\text{год}$ . з параметрами  $t_{\text{н}} = 31 \text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $h_{\text{н}} = 62 \text{ кДж/кг}$  надходить у центральний кондиціонер, де прохолоджується по прямій НК (точка К середня температура холодної рідини) до параметрів повітря, що перебуває у середині приміщення.

Повітря, що перебуває у середині приміщення, попадає у фанкойл, де прохолоджується по прямій ВК на діаграмі h-d (точка В має параметри внутрішнього повітря). Витрата повітря через фанкойл становить  $L = 11285 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

Знаючи витрату повітря через центральний кондиціонер, а також їх холодопродуктивність знаходимо різницю ентальпій Δh і відкладаємо їх на діаграмі. З'єднавши точки, що вийшли, одержимо точки суміші на ε процесу. Точка суміші має параметри  $t_{\text{с}} = 27 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $h_{\text{см}} = 52 \text{ кДж/кг}$ .

Будуємо у діаграмі ε процесу для всіх приміщень. Переносимо їх у точку В, що відповідає нашим заданим параметрам. Вибираємо ε<sub>порівн</sub> - це буде тепловологісна характеристика процесу в теплий період року.

Відкладаємо точки В' відповідному підігріву повітря на усмоктувальному повітроводі й рівного 1 °С. Від точки В по  $\varepsilon_{\text{ін}}$  відкладаємо  $\Delta t_{\text{раб}} = 5$  °З і ставимо точку П. Відкладаємо точку П' відповідному підігріву повітря на нагнітаючому повітроводі й рівного 1 °С.

З'єднуємо точку В' с точкой Н, що відповідає параметрам зовнішнього повітря. Знаходимо точку С із відношення  $B'P = B'H \cdot (G_{\text{cv}}/G_v)$  і відкладемо її від точки В' на прямій В'Н. З'єднавши точку С с точкой К одержимо процес у повітроохолоджувачі. Відрізок проходить через точку П', отже автоматику набудуємо так, щоб повітря проходячи повітроохолоджувач відразу подавався в приміщення.

Таблиця 3.2 - Параметри повітря літнього режиму кондиціонування

	т.Н <sub>л</sub>	т.П <sub>л</sub> '	т.П <sub>л</sub>	т.В <sub>л</sub>	т.В <sub>л</sub> '
$t_i, (^{\circ}\text{C})$	31	21	20	25	26
$h_i, (\text{кДж}/\text{кг})$	62	44	43	49	50
$d_i, (\text{г}/\text{кг})$	12,2	9,1	9,1	9,5	9,5

### 3.10 Розрахунок тепловиділень у поліграфічному видавництві взимку

Зовнішня температура повітря  $t_n = -20^{\circ}\text{C}$  ;

Ентальпія зовнішнього повітря  $h_n = -18,6$  кДж/кг

$$G_x = G_T = 3,23, \text{ кг/с}, \quad (3.36)$$

### 3.11 Розрахунок тепловиділень від конструкцій , що обгороджують

$$Q_{\text{огор}} = Q_{\text{ст}} + Q_{\text{вік}} = -891 - 288 = -1179, \text{ Вт} \quad (3.37)$$

$$Q_{\text{ст}} = k_{\text{ст}} F (t_n - t_b), \text{ Вт} \quad (3.38)$$

$$Q_{\text{ст}} = 0.35 \cdot 63,62 (-20 - 20) = -891, \text{ Вт}$$

де  $F_{\text{ст}}$  – площа стін,  $\text{м}^2$ ;

$k_{\text{ст}}$  – коефіцієнт теплопередачі через стіни,  $\text{Вт}/(\text{м}^2\text{К})$ ;

$t_n - t_b$  – різниця температур зовнішнього повітря й повітря в приміщенні,  $^{\circ}\text{C}$ .

$$Q_{ок} = F_{вік} \cdot k_{вік} (t_n - t_в), \text{ Вт} \quad (3.39)$$

$$Q_{ок} = 0.6 \cdot 12(-20 - 20) = -288, \text{ Вт},$$

де  $F_{ок}$  – площа вікон,  $\text{м}^2$ ;

$k_{ок}$  – коефіцієнт теплопередачі через вікна,  $\text{Вт}/(\text{м}^2\text{К})$ ;

$t_n - t_в$  – різниця температур зовнішнього повітря й повітря в приміщенні,  $^{\circ}\text{C}$ .

### 3.12 Розрахунок тепловиділень від різних джерел

#### 3.12.1 Тепловиділення від людей

$$Q^3 = Q^л = 1160, \text{ Вт}, \quad (3.40)$$

#### 3.12.2 Тепловиділення від освітлення

$$Q^3 = Q_{осв}^л = 533.6, \text{ Вт} \quad (3.41)$$

#### 3.12.3 Повне тепло надходження

$$Q_{нов} = Q_l + Q_{осв} + Q_{уст} + 0.4Q_{озр}, \text{ Вт} \quad (3.42)$$

$$Q_{нов} = 1160 + 533.6 + 11000 - 0.4 \cdot 1179 = 7222 \text{ Вт}$$

#### 3.12.4 Повне волого виділення

$$W_{нов}^3 = W_{нов}^л = 0.00094, \text{ кг/с} \quad (3.43)$$

$$\Delta h_p = \frac{Q_{пол}^3}{G}, \text{ кДж/кг}, \quad (3.44)$$

$$\Delta h_p = \frac{19,222}{3,23} = 5,95, \text{ кДж/кг}$$

### 3.13 Визначаємо тепло-вологісну характеристику

$$\varepsilon = \frac{Q_{пол}^3}{W_{пол}}, \text{ кДж/кг} \quad (3.45)$$

$$\varepsilon = \frac{6,58}{0.00094} = 7000, \text{ кДж/кг}$$

### 3.14 Побудова процесу в h-d діаграмі (зимовий процес)

Будуємо в діаграмі точку В, що відповідає нашим заданим параметрам, потім будуємо  $\varepsilon$  процес для всіх приміщень. Вибираємо  $\varepsilon_{порівн}$  - це буде тепловолога характеристика процесу в холодний період року. Відкладаємо точку В' відповідному підігріву повітря на усмоктувальному повітроводі й

рівного 1°C. Від точки В по  $\varepsilon_{\text{in}}$  відкладаємо  $\Delta h = 5,95$  °C і ставимо точку П. Відкладаємо точку П' відповідному підігріву повітря на нагнітаючому повітроводі й рівного 1°C, від її відкладаємо вниз по  $d = \text{const}$  відповідному підігріву повітря в нагнітальному повітроводі й ставимо на перетинанні  $\varphi = 90$  % точку К. Будуємо підігрів у першому нагрівачі по  $d = \text{const}$  (Н-Н'). З'єднуємо точку Н'с точкой В'. Відкладемо від крапки К процес по  $h = \text{const}$  до прямій Н'В' і поставимо т.С, одержали процес у зволожувачі.

Таблиця 3.3 - Параметри повітря зимового режиму кондиціонування

	т.Н <sub>3</sub>	т.Н <sub>3</sub> <sup>1</sup>	т. В,	т.В <sub>л</sub> '	т.П	т.П <sub>л</sub> '
$t_i, (^{\circ}\text{C})$	-20	12	20	21	14	15
$h_i, \left(\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}\right)$	-18,6	13	35	36	28	28,8
$d_i, \left(\frac{\text{г}}{\text{кг}}\right)$	0,4	0,4	5,9	5,9	5,5	5,5

## 5. ВИБІР І РОЗРАХУНОК АППАРАТІВ ЦЕНТРАЛЬНОЇ СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ

### 5.1 Підбір центрального кондиціонера

За максимальним значенням витрати приточного повітря визначаємо корисну продуктивність кондиціонера:

Знаходимо сумарну масову витрату повітря для всіх приміщень :

$$G_{\max} = 3,39 \text{ кг/с.}$$

Повна корисна продуктивність кондиціонера:

$$L_{\text{кд}} = \frac{3600 \cdot G_{\max}}{\rho} = \frac{3600 \cdot 3,39}{1,2} = 10170, \text{ м}^3/\text{год} \quad (5.1)$$

для всіх приміщень

Повна корисна продуктивність кондиціонера з врахуванням протічок в мережі повітроводів:

$$L_{\text{кд}}^{\text{повне}} = L_{\text{кд}} \cdot 1,05 = 10170 \cdot 1,05 = 10678 \text{ м}^3/\text{год} \quad (5.2)$$

За повною продуктивністю підбираємо кондиціонер.

З каталогів фірми ВЕЗА вибираємо КЦКП -10 .

Після вибору кондиціонера остаточно розраховуємо масову витрату припливного повітря:

За значеннями масової витрати надалі виконуються всі розрахунки тепломасообмінних апаратів.

### РОЗРАХУНОК ПОВІТРЯНОГО ОХОЛОДЖУВАЧА

Процес охолодження й осушення повітря в повітроохолоджувачі протікає в наступній послідовності: у перших рядах по ходу повітря охолоджується при постійному вологовмісті; найбільш інтенсивне охолодження повітря відбувається в нижній частині оребрення в місцях, де ребра примикають К поверхні трубок, по яких проходить холодна вода; у тих рядах повітроохолоджувача, де охолоджений повітря зустрічається з поверхнею оребрення, що має температуру нижче крапки роси потоку повітря, починається процес конденсації вологи з повітря; найбільша конденсація

вологи буде мати місце в останніх рядах повітроохолоджувача, де проходить найбільш холодна вода. По висоті ребра інтенсивність вологовипадіння при осушенні повітря буде різною. Найбільша інтенсивність випадання вологи має місце в підстави ребра й знижується по його висоті.

При розрахунку повітроохолоджувача приймаємо швидкість повітря у фронтальному перетині апарата 1,3 м/с.

Продуктивність повітроохолоджувача визначається рівнянням теплового балансу:

$$Q_x = G \cdot (h_c - h_k), \text{ кВт};$$

де  $G$  - витрата зовнішнього повітря, кг/з;

$h_n, h_k$  - початкова й кінцева ентальпія охолоджуваного повітря, кДж/кг.

$$Q_x = 3,39 \cdot (62 - 37) = 84,75 \text{ кВт};$$

З рівняння теплового балансу треба, що витрата холодної води по трубках теплообмінника обчислюється з рівняння:

$$G_w = \frac{G \cdot (h_n - h_k)}{c_w \cdot (t_{w.ввх.} - t_{w.вх.})}, \text{ кг/с.}$$

де  $c_w = 4,2$  - кДж/кг<sup>°С</sup> - теплоємність води;

$t_{w.вх.}, t_{w.ввх.}$  - початкова й кінцева температура холодної води на вході й виході з теплообмінника, °С.

$$G_w = \frac{3,39 \cdot (62 - 24)}{4,19 \cdot (17 - 12,5)} = 6,8, \text{ кг/с.}$$

Термодинамічний показник ефективності теплообміну визначається відношенням реального процесу нагрівання повітря  $K$  максимального-можливого:

$$\Theta = \frac{Q_o}{Q_{f \max}} = \frac{27 - 13}{27 - 11} = 0.875$$

Визначаємо показник відносин теплоємностей потоків:

$$W = \frac{G \cdot c_p}{G_w \cdot c_w},$$

$$W = \frac{3,39 \cdot 1.006}{4,19 \cdot 4.28} = 0.12$$

За графіком залежності для теплотехнічної ефективності знаходимо показник числа одиниць переносу тепла:  $N_t = 2,25$ .

Знаходимо необхідну поверхню теплообмінника:

$$F = \frac{N_t \cdot G \cdot c_p}{K}, \text{ м}^2$$
$$F = \frac{2,25 \cdot 3,23 \cdot 1,006 \cdot 10^3}{39,2} = 186,5 \text{ м}^2$$

де  $K$  – коефіцієнт теплопередачі для ребренної стінки,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ .

Коефіцієнт теплопередачі визначаємо для конкретного конструктивного виконання теплообмінника:

$$K = A \cdot (\gamma\rho)^{0,37} \cdot \varpi^{0,18}$$
$$K = 20,94 \cdot (4 \cdot 1,2)^{0,37} \cdot 1,3^{0,18} = 39,2 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

Величина аеродинамічного опору обчислюється по формулі:

$$\Delta P_{\text{вот}} = B(\nu\rho)^m$$

де  $B$  - вільний член, що відбиває конструктивні особливості теплообмінника;  $F$

$\nu$  - швидкість повітря;

$m$  - показник ступеня, вибирається по таблиці.

$$\Delta P_{\text{вот}} = 7,962 \cdot (4 \cdot 1,3)^{1,59} = 109,5 \text{ Па}$$

Визначаємо гідравлічний опір у трубках теплообмінника:

$$\Delta P_w = 1,968 \cdot l_{\text{хода}} \cdot w^{1,69}$$
$$\Delta P_w = 1,968 \cdot 1,63 \cdot 9 \cdot 1,3^{1,69} = 45 \text{ кПа}$$

### 5.2.1 Розрахунок поверхневого повітрянагрівача 1-го підігріву

Вихідні данні для розрахунку повітрянагрівача :початкові та кінцеві параметри повітря  $t_n = -20^\circ\text{C}$ ,  $t_k = 12^\circ\text{C}$ , витрати повітря  $G_B = 10115 \text{ м}^3/\text{час}$ , початкова та кінцева температура теплоносія  $t_1 = 101,7^\circ\text{C}$ ,  $t_2 = 59,1^\circ\text{C}$ .

Приймаємо повітрянагрівач ВНВ 243.1-103-090-02-2,5-06-2

кондиціонера КЦКП-10 площа фронтального перетину 0,93 м<sup>2</sup>.

Масова швидкість повітря у фронтальному перетині кондиціонера КЦКП-10 кг/(с·м<sup>2</sup>). Керуючись

$$v\rho = \frac{G_B}{3600 \cdot F_f} \quad (5.4)$$

$F_f$  – площа фронтального перетину кондиціонера, м<sup>2</sup>;

$G_B$  – витрата повітря кг/с;

$$v\rho = 10175 / (3600 \cdot 0,93) = 3,04 \text{ кг}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$$

Кількість теплоти для нагріву повітря, Вт:

$$Q = 0,278 \cdot c_g \cdot G_g \cdot (t_k - t_n) \quad (5.5)$$

$c_g$  – теплоємність повітря;

$$Q = 0,278 \cdot 1,006 \cdot 10175 \cdot (12 - (-20)) = 71141 \text{ Вт}$$

Витрата теплоносія, кг/год

$$G_w = \frac{3,6 \cdot Q}{c_w \cdot (t_1 - t_2)} \quad (5.6)$$

$c_w$  – теплоємність води;

$$G_w = 3,6 \cdot 71141 / (4,187(101,7 - 59,1)) = 1439 \text{ кг}/\text{год}.$$

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:

$$N = \frac{p \cdot H_{mp}}{h} \quad (5.7)$$

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

$h$  – крок труб по висоті, м, для КЦКП 10  $h = 0,05$  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 трубках:

$$m = \frac{G_w}{3600 \cdot \rho_w \cdot f_w \cdot w} \quad (5.8)$$

де  $f_w$  – площа живого перетину мідної трубки  $\text{м}^2$ ;

приймаємо швидкість руху води в трубках 1.6 м/с. Тоді

$$m = 1439 / (3600 \cdot 1000 \cdot 0.0001108 \cdot 1.6) = 2,26$$

Приймаємо  $m = 2$  та визначаємо число ходів

$$n = \frac{N}{m} \quad (5.9)$$

$$n = 17 / 2 \approx 8$$

Уточнюємо швидкість руху води в трубках:

$$w = \frac{G_w}{3600 \cdot \rho_w \cdot f_w \cdot m} \quad (5.10)$$

$$w = 1439 / (3600 \cdot 1000 \cdot 0.0001108 \cdot 2) = 1,8 \text{ м/с}$$

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

$$k = A \cdot (\nu\rho)^{0,37} \cdot w^{0,18} \quad (5.11)$$

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

$$k = 23,11 \cdot (3,04)^{0,37} \cdot 1,8^{0,18} = 38,8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$$

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

$$\Delta t_{cp} = \frac{t_1 + t_2}{2} - \frac{t_n + t_k}{2} \quad (5.12)$$

$$\Delta t_{cp} = (101,7 + 59,1) / 2 - (-20 + 5) / 2 = 87,9 \text{ } ^\circ\text{С}.$$

Знаходимо потрібну площу поверхні теплообміну:

$$F = \frac{Q}{k \cdot \Delta t_{cp}} \quad (5.13)$$

$$F = 71141 / (38,8 \cdot 87,9) = 20,86 \text{ м}^2$$

При відстані між пластинами 2мм площа поверхні теплообміну однорядного теплообмінника  $19,1 \text{ м}^2$ , цього достатньо для передачі необхідної кількості теплоти.

Знаходимо коефіцієнт запасу:

$$a = (25 - 20,86) / 25 \cdot 100 = 16,5 \%$$

Аеродинамічний опір повітрянагрівача:

$$\Delta P_a = B \cdot (v\rho)^m \quad (5.14)$$

Б, m –емпіричні коефіцієнти;

$$\Delta P_a = 2,104 \cdot 3,04^{1,64} = 13,03 \text{ кПа}$$

Гідравлічний опір повітрянагрівача:

$$\Delta P_w = 1,968 \cdot l_{\text{хода}} \cdot w^{1,69} \quad (5.15)$$

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

$$\Delta P_w = 1,968 \cdot (1,02 \cdot 2) \cdot 1,8^{1,69} = 10,84 \text{ кПа}$$

### 5.2.2 Розрахунок поверхневого повітрянагрівача 2-го підігріву

Вихідні данні для розрахунку повітрянагрівача :початкові та кінцеві параметри повітря  $t_n = 15^\circ\text{C}$ ,  $t_k = 5^\circ\text{C}$ , витрати повітря  $G_b = 10175 \text{ м}^3/\text{час}$ , початкова та кінцева температура теплоносія  $t_1 = 101,7^\circ\text{C}$ ,  $t_2 = 59,1^\circ\text{C}$ .

Приймаємо повітрянагрівач ВНВ 243.1-103-090-02-2,5-06-2 кондиціонера КЦКП-10 площа фронтального перетину  $0,93 \text{ м}^2$ .

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

$$v\rho = 10115 / (3600 \cdot 0,93) = 3,02 \text{ кг}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$$

Кількість теплоти для нагріву повітря, Вт:

$$Q = 0,278 \cdot 1,006 \cdot 10175 \cdot (15 - 5) = 28456 \text{ Вт}$$

Витрата теплоносія,  $\text{кг}/\text{ч}$ :

$$G_w = 3,6 \cdot 28456 / (4,187(101,7 - 59,1)) = 576 \text{ кг}/\text{час}.$$

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 трубках:

$$m = 576 / (3600 \cdot 1000 \cdot 0,0001108 \cdot 0,5) = 2,89$$

Приймаємо  $m = 3$  та визначаємо число ходів

$$n = \frac{N}{m}$$

$$n = 17 / 3 \approx 6$$

Уточнюємо швидкість руху води в трубках:

$$w = 576 / (3600 \cdot 1000 \cdot 0,0001108 \cdot 3) = 0,482 \text{ м/с}$$

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

$$k = 21,68 \cdot (3,04)^{0,37} \cdot 0,482^{0,18} = 28,686 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

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

$$\Delta t_{cp} = (101,7 + 59,1) / 2 - (15 + 5) / 2 = 70,4 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Знаходимо потрібну площу поверхні теплообміну:

$$F = 28456 / (28,686 \cdot 70,4) = 14,09 \text{ м}^2$$

При відстані між пластинами 3 мм площа поверхні теплообміну однорядного теплообмінника  $19,1 \text{ м}^2$ , цього достатньо для передачі необхідної кількості теплоти.

Знаходимо коефіцієнт запасу:

$$a = (19,1 - 14,09) / 19,1 \cdot 100 = 26,3\%$$

Аеродинамічний опір повітрянагрівача:

$$\Delta P_a = 1,574 \cdot 3,04^{1,74} = 10,89 \text{ кПа}$$

Гідравлічний опір повітрянагрівача:

$$\Delta P_w = 1,968 \cdot (1,02 \cdot 3) \cdot 0,482^{1,69} = 1,75 \text{ кПа}$$

## 5.4 Розрахунок адіабатної камери зрошування

Параметри початкового і кінцевого стану повітря  $h_{в.н}=52$  кДж/кг ,  $t_{в.н}=15^{\circ}$  С,  $t_{в.к}=7^{\circ}$  С.

Витрата повітря через камеру зрошування  $G_{ок}=10115$  м<sup>3</sup>/ч. Температура «мокрого» термометра  $t_{мт}=12,5^{\circ}$  С. Керуючись [5].

Знайдемо необхідний коефіцієнт адіабатної ефективності:

$$E = \frac{27 - 14}{27 - 12,5} = 0,89$$

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 .

$$B = \frac{G_w}{L_n \cdot \rho_n}, \text{ кг води/кг повітря.} \quad (5.36)$$

Проведемо оцінку необхідних коефіцієнтів зрошення в режимах адіабатного зволоження в блок – камері форсункового зрошення в приточному агрегаті КЦКП-10 по даним табл. 2.2(10) .

$$\text{При } E_a=0,65 \text{ потрібно } B = \frac{9000}{10000 \cdot 1,2} = 0,75 \text{ кг/кг;}$$

$$\text{При } E_a=0,85 \text{ потрібно } B = \frac{13100}{10000 \cdot 1,2} = 1,092 \text{ кг/кг;}$$

$$\text{При } E_a=0,95 \text{ потрібно } B = \frac{17100}{10000 \cdot 1,2} = 1,43 \text{ кг/кг;}$$

Побудуємо графік залежності коефіцієнта адіабатної ефективності  $E_a$  від коефіцієнт зрошення В. Знайдемо що для  $E_a=0,89$  ;  $B=0,36$

Далі знайдемо необхідну витрату води:

$$G_w = B \cdot L_n \cdot \rho_n = 0,36 \cdot 10175 \cdot 1,2 = 4396 \text{ кг/ч.} \quad (5.37)$$

### 5.4.1 Гідравлічний розрахунок трубопроводів та підбір насосу для камери зрошення

Керуючись [4] , [10] зробимо розрахунок трубопроводу від чилера до камери зрошування:

Загальна довжина труб дорівнює:

$$L_{\text{тр}}^{\text{заг}} = 31 \text{ м.}$$

Витрата рідини:

$$V = 2,41 \text{ л/с}$$

Швидкість руху рідини приймаємо рівною  $\omega = 0,85 \text{ м/с}$ .

Визначимо внутрішній діаметр труби:

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{V \cdot 10^{-3}}{0,785 \cdot \omega}} = \sqrt{\frac{2,41 \cdot 10^{-3}}{0,785 \cdot 0,85}} = 0,06 \text{ (м)}$$

де  $v=0,85 \text{ м/с}$  – заздалегідь задана швидкість води в трубопроводі (не більш  $1,5 \text{ м/с}$ )

$V=2,41 \text{ л/с}$  – витрата рідини

Вибираємо поліпропіленову трубу Pilsa PN10 із зовнішнім діаметром  $D=75 \text{ мм}$  і завтовшки стінки  $t=6,9 \text{ мм}$ . Уточнимо внутрішній діаметр труби:

$$d_{\text{вн}} = D - 2t = 75 - 2 \cdot 6,9 = 61,2 \text{ (мм)}$$

Уточнимо швидкість руху рідини в трубопроводі:

$$\omega = \frac{V \cdot 10^{-3}}{0,785 \cdot d_{\text{вн}}^2} = \frac{2,41 \cdot 10^{-3}}{0,785 \cdot 0,0612^2} = 0,82 \text{ (м/с)}$$

Визначаємо динамічний тиск:

$$\frac{\rho \cdot \omega^2}{2} = \frac{999,7 \cdot 0,82^2}{2} = 336 \text{ (Па)}$$

де  $\rho$  – щільність води при  $t = 10^\circ\text{C}$

Розраховуємо число Рейнольдса:

$$Re = \frac{\omega \cdot d_{\text{вн}}}{\nu} = \frac{0,82 \cdot 0,0612}{1,306 \cdot 10^{-6}} = 38430$$

$\nu$  – коефіцієнт кінематичної в'язкості рідини,  $\text{м}^2/\text{с}$

Коефіцієнт опору по довжині:

$$\lambda = 0,1 \cdot \left( \frac{1,46 \cdot k_z}{d_{\text{вн}}} + \frac{100}{Re} \right) = 0,1 \cdot \left( \frac{1,46 \cdot 0,004}{0,0612} + \frac{100}{38430} \right) = 9,803 \cdot 10^{-3}$$

$k_z$  – коефіцієнт абсолютної еквівалентної шорсткості поліпропіленових труб.

Втрати тиску від тертя на довжині 1м:

$$\Delta p_{тр} = R = \frac{\lambda}{d_{ен}} \cdot \frac{\rho \cdot \omega^2}{2} = \frac{9,803 \cdot 10^{-3}}{0,0612} \cdot 336 = 54 \text{ (Па/м)}$$

Втрати тиску по усій довжині труби:

$$R \cdot L_{тр}^{заз} = 54 \cdot 31 = 1674 \text{ (Па)}$$

Втрати тиску в місцевих опорах:

$$Z = \sum \xi \cdot \frac{\rho \cdot \omega^2}{2} + \Delta p_{ф} = ((6 \cdot 1,2) + (3 \cdot 5,7)) \cdot 336 + 20000 = 28160 \text{ (Па)}$$

де,  $\xi$  – коефіцієнти місцевих опорів:

- угольник 90°  $\xi = 1,2$
- вентиль  $\xi = 5,7$
- тройник  $\xi = 1,2$

$\Delta p_{ф}$  – гідравлічний опір форсунок, Па.

Сумарні втрати:

$$\Delta P = R \cdot L_{тр}^{заз} + Z = 1674 + 28160 = 29830 \text{ (Па)}$$

Визначимо необхідний натиск насоса:

$$H = \frac{\Delta P}{\rho \cdot g} = \frac{29830}{999,7 \cdot 9,8} = 3,04 \text{ (м)}$$

Вибираємо насос серії Wilo-VeroLine-IPH-W, тип IPH-W 32/125-0,75/2  
Потужність насоса складає 0,75 кВт.

Wilo-VeroLine-IPH-W - це економічний циркуляційний насос з сухим ротором для систем водяного опалювання, кондиціонування, закритих контурів охолодження і для промислових циркуляційних установок.

Має функцію автоматичного регулювання, що дозволяє заощадити до 80% електроенергії.

Має функцію автоматичного регулювання, що дозволяє заощадити до 80% електроенергії.

## 5.6 Розрахунок повітряного кишенькового фільтру

У припливних агрегатах першими по ходу повітря встановлюються повітряні фільтри, що дозволяє оберегти поверхню подальших технологічних блоків від забруднення пилом.

Згідно Європейським нормам EN 779 и EN 1822-1, действующим з 1992 року, существует класифікація фільтрів залежно від ефективності очищення від пилу таблиця 5.2.

Таблиця 5.2 - Класифікація фільтрів

Клас фільтру EN 779	Ефективність очищення (%)	Клас фільтру EN 1822-1	Ефективність очищення (%)
G3	89	H10	85
G4	92	H11	95
F5	40-50	H12	99,5
F6	60-65	H13	99,95
F7	80-85	H14	99,995
F8	90-95	U15	99,9995
F9	$\geq 95$	U16	99,99995
		U17	99,999995

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 фільтрів 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

$$A_M = ((C_{\text{ВХ}} - C_{\text{ВЫХ}})/C_{\text{ВХ}}) \cdot 100\% \quad (5.60)$$

Концентрація пилу в припливному зовнішньому повітрі на вході у фільтр  $C_{\text{ВХ}}$ , мг/м<sup>3</sup> характеризує початкову запилену. Для житлових районів промислових міст  $C_{\text{ВХ}} = 0,5$  мг/м<sup>3</sup>.

Обчислимо запилену припливного повітря на виході з кишенькового фільтру при  $A_M = 92\%$ , керуючись [5]:

$$C_{\text{ВЫХ}} = C_{\text{ВХ}} - (A_M \cdot C_{\text{ВХ}})/100, \text{ мг/м}^3, \quad (5.61)$$

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

Для оцінки пропускної спроможності фільтрів застосовується показник питомого навантаження

$$УФ = L/F_{\phi}, \text{ м}^3/\text{ч} \cdot \text{м}^2 \quad (5.62)$$

Де  $F_{\phi}$  – фронтальна поверхня матеріалу, що фільтрує, м<sup>2</sup>;

$$УФ = 8672/9,4 = 922,5 \text{ м}^3/\text{ч} \cdot \text{м}^2$$

Обчислюємо час роботи фільтру

$$\tau_{\phi} = ПФ \cdot 1000 \cdot \frac{F_{\phi}}{[(C_{\text{ВХ}} - C_{\text{ВЫХ}}) \cdot L]}, \text{ ч}, \quad (5.63)$$

де  $L$  – витрата очищується повітря, що проходить через фільтр, м<sup>3</sup>/ч;

$F_{\phi}$  – фронтальна поверхня матеріалу, що фільтрує, м<sup>2</sup>;

$C_{\text{ВХ}}$ ,  $C_{\text{ВЫХ}}$  – концентрація маси пилу до і після фільтру, мг/м<sup>3</sup>.

$$\tau_{\phi} = 570 \cdot 1000 \cdot \frac{9,4}{[[0,5 - 0,04] \cdot 8672]} = 1343 \text{ год.}$$

Тривалість в робочих днях експлуатації кишенькових фільтрів

$$\tau = \frac{\tau_{\phi}}{\tau_{\text{сут}}}, \text{ днів} \quad (5.64)$$

$$\tau = \frac{1343}{12} = 112 \text{ днів}$$

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

## **6. УДОСКОНАЛЕННЯ СКП**

### **6.1 Спосіб та установка додаткового охолодження повітря.**

Спосіб охолодження повітря приміщень, що передбачає подачу повітря у вузол обробки повітря та розпилення в потік повітря охолоджуючого агенту у вузлі обробки повітря, який відрізняється тим, що потік повітря прискорюють нагнітачем до 15-20 м/с, подають до 15 конфузора ежекційного пристрою, в якому прискорюють до 45-60 м/с, потім подають до камери змішування ежекційного пристрою, де в повітря розпилюють холодну воду, зволожене і охоложене повітря подають до дифузора ежекційного пристрою, де потік повітря гальмується та, за рахунок адіабатичного розширення, доохолоджується. [4,5,6,7,26-31]

Установка для нагрівання повітря, що містить нагнітач повітря, сполучений з теплообмінником для нагрівання повітря, повітропровід подачі нагрітого повітря, основний теплообмінник для нагрівання робочої рідини та насос для циркуляції робочої рідини, яка відрізняється тим, що вона додатково містить допоміжний теплообмінник для нагрівання робочої рідини - води, розділову ємність, бак для води та форсунку для розпилення води в повітря, теплообмінник для нагрівання повітря виконано у вигляді контактного теплообмінника ежекційного типу, що містить конфузор, камеру змішування і дифузор; вихід нагнітача повітря сполучений з конфузором контактного теплообмінника ежекційного типу, дифузор якого сполучений з входом розділової ємності, перший вихід якої сполучений з повітропроводом 50 подачі нагрітого повітря до робочої зони, а другий вихід - через насос для циркуляції води – з основним теплообмінником для нагрівання води, вихід якого сполучений з допоміжним теплообмінником для нагрівання води, що

сполучений з баком для води, вихід якого сполучений трубопроводом з форсункою для розпилення води у повітря, яка встановлена на вході камери змішування. 2. Установа за п. 1, яка відрізняється тим, що в розділовій ємності встановлені перфоровані елементи з отворами діаметром 10-60 мкм. 3. Установа за пп. 1, 2, яка відрізняється тим, що основний теплообмінник для нагрівання води виконаний у вигляді сонячного вакуумного теплового трубчатого колектора. [168-171]

Необхідно підтримувати комфортну температуру повітря на робочому місці. Існує багато різних методів підтримки температури повітря (припливно-витяжна вентиляція, кондиціонування та охолодження). Однак всі ці методи слабо ефективні в гарячих цехах. Доводиться застосовувати зонне охолодження повітря в якій знаходиться робочий. В основному застосовується спрямований повітряний потік, що обдувається робоче місце. Однак, такий захід в жаркому цеху не призводить до позитивного результату. Охолодження повітря призводить до значних енергетичних витрат.

Рішення цього питання можливе із застосуванням установки з ежектором теплообмінником. Охолодження повітря здійснюється за рахунок упорскування дрібнодисперсних крапель води в розігнаний потік повітря в ежекторі.

В області дозвукових швидкостей при даному виді охолодження можна підвищити повний тиск потоку (так званий термогазодинамічний ефект). Такий процес можливо здійснити в спеціально розробленому апараті - ежекторі теплообміннику. Даний апарат був розроблений в Одеській академії холоду.

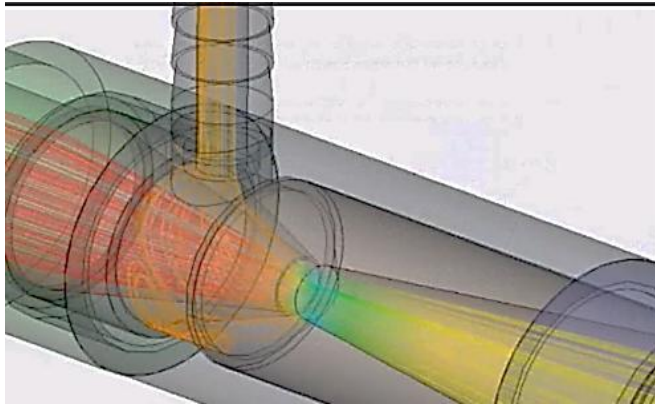


Рис. 6. – Розподіл температури в контактному теплообміннику ежекторного типу

Запропонований ежектор теплообмінник складається з конфузора 1, камери змішування 2, дифузора 3, і форсунки 4. Потік повітря в конфузори набуває швидкість 80-100 м / с. В камеру змішування подається дрібнодисперсні краплі води, попередньо охолодженої в водоохолоджуючої машині до 4-6оС через форсунку дрібного розпилу, що приводить до інтенсивного теплообміну, змішування потоків і, як наслідок -Охолодження потоку повітря.

Експериментальним шляхом були знайдені оптимальні кути нахилів елементів ежектора-теплообмінника:

Конфузор - 45°; Дифузор - 10 ÷ 12°

Діаметр камери випаровування- $D_{chamber} = d_e / 2$ ;

де  $D_{ej}$ - діаметр ежектора (розраховується залежно від швидкості потоку 20-25 м / с і продуктивності. Для забезпечення швидкості потоку  $M = 0,3$  в камері випаровування.

Оптимальний розмір для гальмування потоку охолодженого повітря.

Форсунка може бути будь-якої конструкції, що забезпечує необхідну продуктивність і підтримує швидкість факела 100м / с.

На рис. 6.1 наведена схема одноканальної СКК з водяними ежекційними доводчиками-повітророзподільниками ВДПР. На рис. 6.6 показано процеси обробки повітря на  $d, h$ - діаграмі в літньому та зимовому режимах.

Особливостями схеми є відсутність у центральному кондиціонері КЦ другого ступеня нагрівача, тепловологісна обробка тільки зовнішнього

повітря, використання розсільної системи охолодження ПО та наявність розсільних трубопроводів до теплообмінника ТО, розташованого в корпусі ВДПР. На літнього режимі до ВДПР подається холодна вода (розсіл), на зимовому – гаряча вода. Регулювання параметрів здійснюється зміною витрат води в ТО, через який проходить повітря з приміщення (точка П) та охолоджується, ежектується повітрям з кондиціонера (точка 2') соплом С повітророзподільника. У корпусі ВДПР вони змішуються (процеси 2'-П<sub>л</sub>-3-П<sub>л</sub>) і виходять знову в приміщення як припливне П<sub>л</sub>. [145]

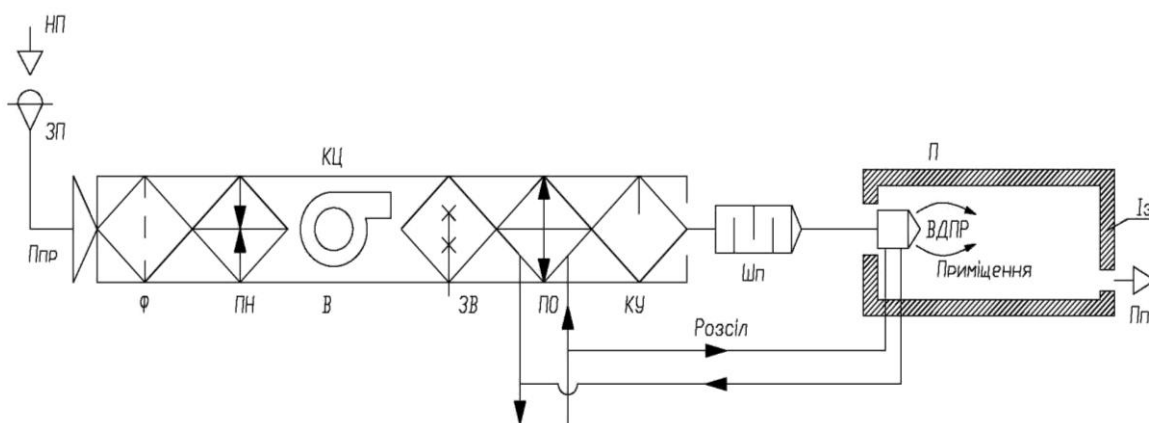


Рис.6.1. Схема одноканальної СКК з ежекційними доводчиками-повітророзподільниками.

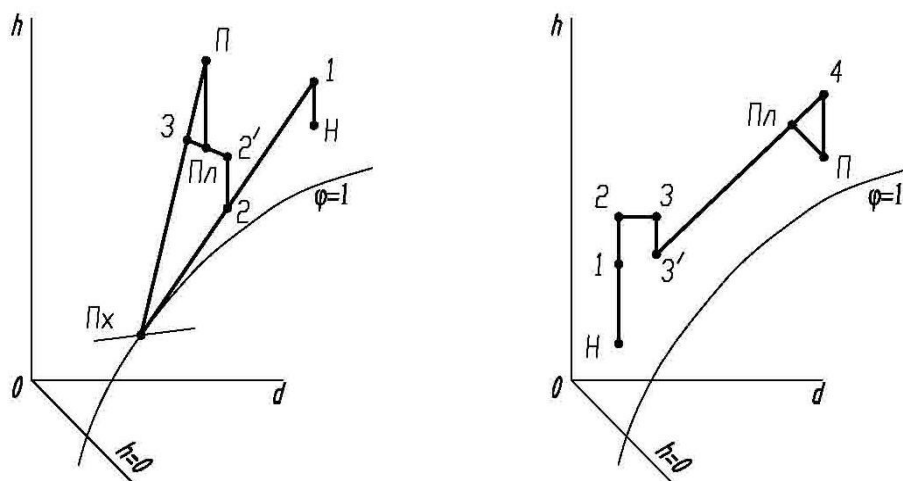


Рис. 6.2. Процеси обробки повітря з ежекторним теплообмінним доводчиком на літньому (а) та зимовому (б) режимах на  $d, h$  – діаграмі вологого повітря.

На рис. 6.2, а показані процеси: Н-1 – підігрів повітря у вентиляторі; 1-2 – охолодження в ПО; 2-2' - підігрів у трубопроводах; П-3 – охолодження повітря з приміщення в ТО ВДПР; 3-П<sub>л</sub>-2'-П<sub>л</sub> – змішування повітря, охолодженого в ПО кондиціонера та охолодженого ежекційного з приміщення В; П<sub>л</sub>-В – процес тепло- і волого асиміляції в приміщенні.

Коефіцієнт ежекції

$$K_e = \frac{G_n}{G_{np}},$$

де  $G_n$  - кількість ежекційного повітря у теплообміннику з водяним прямопливним доводчиком-повітророзподільником (ВДПР);  
 $G_{np}$  - кількість повітря, яке надходить з кондиціонера.

Регулювання подачі води через форсунку дозволяє підтримувати комфортну вологість зони перебування людини. Установка може бути компактною і використовуватися як побутова техніка. Єдиний недолік зниження температури повітря залежить від кількості піддаваної холодної води і в приміщеннях з високою вологістю необхідно проводити додаткове осушення повітря. Вода може бути спеціально підготовлена.

## **6.2 Застосування ежекторних теплообмінників в центральних кондиціонерах**

Системи кондиціонування повітря з ежекторними теплообмінниками дозволяють підтримувати в окремих приміщеннях задані параметри повітря за рахунок теплової обробки повітря, крім кондиціонера, ще й в доводчиках-розподільниках. Ці системи мають невелику вартість, але і свої окремі переваги, наприклад мінімальні витрати обробленого повітря в кондиціонері, електроенергії, мінімальний розмір повітропроводів.

Особливостями схеми є відсутність в центральному кондиціонері КЦ другого ступеня нагрівача, обробки їх тільки зовнішнього повітря, використання розсільної системи охолодження воздухоохладителя і наявність

розсолів трубопроводів до теплообмінника, розташованого в корпусі доводчика. Регулювання параметрів здійснюється зміною витрати води в ТО, через який проходить повітря з приміщення (точка В) і охолоджується, ежектирується повітрям з кондиціонера (точка 2 -) соплом 3 розподільника повітря. У корпусі доводчика вони змішуються (процеси 2-Пл-3-Пл) і виходять знову в приміщення як припливне Пл.

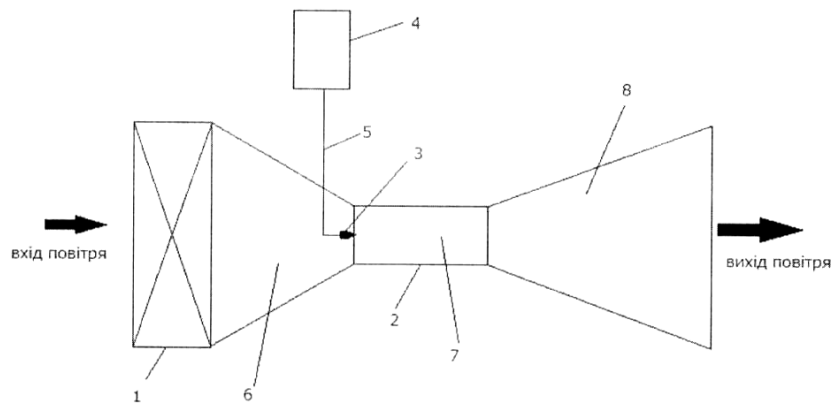


Рис. 6.3. Ежекційний охолоджувач.

Ежекційний охолоджувач складається з 1 Ежекційний охолоджувач, ежекційний пристрій 2, форсунку 3 для розпилення води, ємність для зберігання холодної води 4, трубопровід подачі води 5. Ежекційний пристрій складається з конфузора 6, камери змішування 7 та дифузора 8.

Спосіб охолодження повітря приміщень, що передбачає подачу повітря у вузол обробки повітря та розпилення в потік повітря охолоджуючого агента у вузлі обробки повітря, причому потік повітря прискорюють нагнітачем до 15-20 м/с, подають до конфузора ежекційного пристрою, в якому прискорюють до 45-60 м/с, потім подають до камери змішування ежекційного пристрою, де в повітря розпилюють холодну воду, зволене і охоложене повітря подають до дифузора ежекційного пристрою, де потік повітря гальмується та, за рахунок адіабатичного розширення, доохолоджується. Поставлена задача вирішується тим, що ежекційний охолоджувач повітря, що

містить вузол обробки повітря, в якому розташований розпилювач охолоджуючого агента, поєднаний з трубопроводом подачі охолоджуючого агента, згідно з корисною моделлю додатково містить 30 нагнітач та ємність для зберігання охолоджуючого агента - холодної води, вузол обробки повітря виконано у вигляді ежекційного пристрою, що містить конфузор, камеру змішування та дифузор, причому вихід нагнітача сполучений з конфузором ежекційного пристрою, форсунка для розпилення води розташована на вході камери змішування і поєднана через трубопровід подачі води з ємністю для зберігання холодної води. Пристрій, що заявляється, пояснюється кресленням, де зображена схема ежекційного охолоджувача повітря. Пристрій, що заявляється, складається з :нагнітача 1, ежекційного пристрою 2, форсунку 3 для розпилення води, ємність для зберігання холодної води 4, трубопровід подачі води 5. Ежекційний пристрій 2 складається з конфузора 6, камери змішування 7 та дифузора 8. Перелічені вузли ежекційного охолоджувача повітря сполучені між собою наступним чином. Вхід нагнітача 1 сполучений з трубопроводом подачі повітря (на кресленні умовно не показано), а вихід - з конфузором 6 ежекційного пристрою 2. На вході камери змішування 7 ежекційного пристрою 2 розташована форсунка 3 для розпилення води, поєднана через трубопровід подачі води 5 з ємністю для зберігання холодної води 4. 45 Пристрій, що заявляється, працює наступним чином. Повітря подають до нагнітача, де прискорюють до швидкості 15-20 м/с, а звідти - до конфузора 6 ежекційного пристрою 2, де прискорюють до швидкості 45-60 м/с. Потім потік повітря подають в камеру змішування 7 ежекційного пристрою 2, де в потік повітря вприскують через форсунку 3 холодну воду. Охолоджуюча вода надходить до форсунки 3 від ємності для 50 зберігання холодної води 4 через трубопровід подачі води 5, зі швидкістю, рівною швидкості повітря в камері змішування 7. В камері змішування 7 ежекційного пристрою 2 через контакт потоку повітря з дрібнодисперсно розпиленою холодною водою відбувається миттєвий теплообмін, за рахунок

якого повітря охолоджується та зволожується. Далі потік повітря надходить до дифузора 8 ежекційного пристрою 2, де гальмується та, за рахунок адіабатичного 55 розширення, доохолоджується. Охолоджене та зволожене повітря подають до робочої зони виробничого приміщення. Продуктивність пристрою регулюють швидкістю обертання нагнітача, а також контролем подачі охолоджуючої води. Одержання зазначеного технічного результату можливо завдяки спеціальній конструкції 60 ежекційного пристрою. Корисна модель належить до способів охолодження повітря у виробничих приміщеннях, де потрібне зональне охолодження повітря робочої зони. Відомий спосіб для охолодження вентиляційного повітря (див. патент України на корисну модель №34777 "Пристрій для охолодження вентиляційного повітря", опубл. 11.08.2008 р., бюл. №15), відповідно до якого вентиляційне повітря надходить до корпусу і спрямовується до 5 завихрювача, який створює його відцентровий рух. При цьому потік повітря розділяється на холодний і теплий струмені (ефект Ранка). Холодне повітря відтиснюється до стінок корпусу і рухається далі у потоці, а тепле збирається всередині корпусу, спрямовується до відповідного патрубку і виводиться за межі корпусу 1 через наскрізний отвір у боковій поверхні. Після виведення теплового струменя в корпусі залишається охолоджене повітря, яке 10 контактує із стисненим повітрям, що надходить із сопла, встановленого на виході з корпусу співвісно його осі. Сопло з'єднане з трубопроводом стисненого повітря і виконане з можливістю його різкого розширення і адіабатичного охолодження. При змішуванні вентиляційного повітря з повітрям, що надійшло із сопла, відбувається подальше його охолодження за рахунок адіабатичного охолодження при різкому розширенні 15 стисненого повітря на виході із сопла. Охолоджений струмінь стисненого повітря, виходячи з сопла, ежектує вентиляційне повітря, що збільшує швидкість руху його в трубопроводі та підвищує ефективність охолодження при змішуванні. Даний спосіб обрано за прототип. Прототип і спосіб, що заявляються, мають

наступні спільні операції: 20 - подача повітря у вузол обробки повітря, - розпилення в потік повітря охолоджуючого агента (у прототипі стисненого повітря) у вузлі обробки повітря (у прототипі - в корпусі).

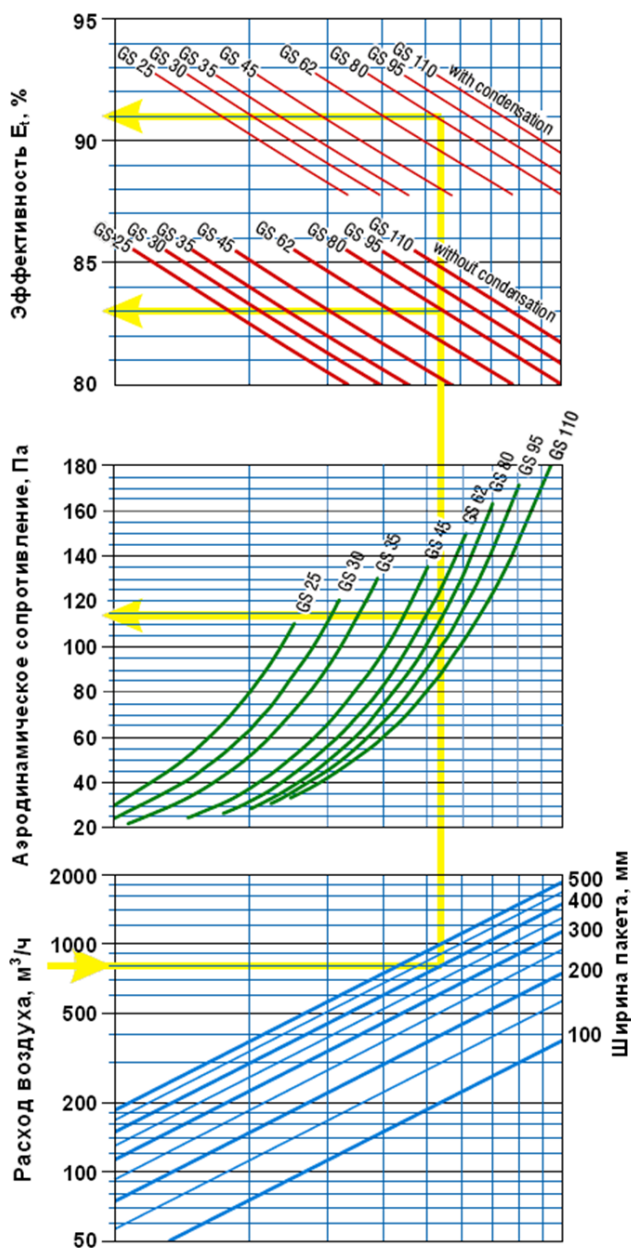


Рис. 6.4.Робочі характеристики

Спосіб за прототипом має низку недоліків: - наявність додаткових опорів від завихрювача і відвідного патрубка; - підвищення енергетичних витрат за рахунок стиснення повітря та нагнітання його у вузол 25 обробки повітря (корпус). В основу корисної моделі поставлена задача створити спосіб

охолодження повітря виробничих приміщень, в якому шляхом введення нових операцій, забезпечити зниження енергетичних витрат при реалізації способу та досягнення температури повітря, необхідної для підтримання в робочій зоні заданих параметрів технологічного кондиціонування. Поставлена задача вирішена у способі охолодження повітря приміщень, що передбачає подачу повітря у вузол обробки повітря та розпилення в потік повітря охолоджуючого агента у вузлі обробки повітря тим, що потік повітря прискорюють нагнітачем до 15-20 м/с, подають до конфузора ежекційного пристрою, в якому прискорюють до 45-60 м/с, потім подають до камери змішування ежекційного пристрою, де в повітря розпилюють холодну 35 воду, зволене і охоложене повітря подають до дифузора ежекційного пристрою, де потік повітря гальмується та, за рахунок адіабатичного розширення, доохолоджується. Спосіб, що заявляється, реалізують за допомогою ежекційного охолоджувача повітря, який показано на рис . 1 - схема ежекційного охолоджувача повітря.

Ежекційний охолоджувач повітря містить нагнітач 1, ежекційний пристрій 2, форсунку 3 для розпилення води, ємність для зберігання холодної води 4, трубопровід подачі води 5. Ежекційний пристрій складається з конфузора 6, камери змішування 7 та дифузора 8. Перелічені вузли ежекційного охолоджувача повітря сполучені між собою наступним чином.

Вхід нагнітача 1 сполучений з трубопроводом подачі повітря (на кресленні умовно непоказано), а вихід - - з конфузорові 6 ежекційного пристрою 2. На вході камери змішування 7 ежекційного пристрою 2 розташована форсунка 3 для розпилення води, поєднана через трубопровід подачі води 5 з ємністю для зберігання холодної води 4. Спосіб, що заявляється, реалізують наступним чином. Повітря подають до нагнітача, де прискорюють до швидкості 15-20 м/с, а звідти до 50 конфузорові 6 ежекційного пристрою 2, де прискорюють до швидкості 45-60 м/с. Потім потік повітря подають в камеру змішування 7 ежекційного пристрою 2, де в потік повітря

розпилюють через форсунку 3 холодну воду. Охолоджуюча вода надходить до форсунки 3 від ємності для зберігання холодної води 4 через трубопровід подачі води 5, зі швидкістю, рівною швидкості повітря в камері змішування 7. В камері змішування 7 ежекційного пристрою 2 через контакт 55 потоку повітря з дрібнодисперсно розпиленою холодною водою відбувається миттєвий теплообмін, за рахунок якого повітря охолоджується та зволожується. Далі потік повітря надходить до дифузора 8 ежекційного пристрою 2, де гальмується та, за рахунок адіабатичного розширення, доохолоджується. Охолоджене та зволожене повітря подають до робочої зони виробничого приміщення. Це забезпечує зниження енергетичних витрат та досягнення температури повітря, необхідної для підтримання в робочій зоні заданих параметрів кондиціювання.

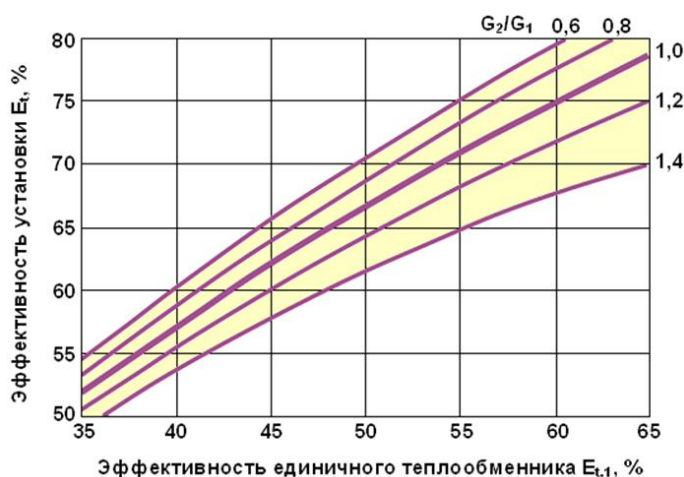


Рис. 6.5 Ефективність енергетичних витрат

При змішуванні вентиляційного повітря з повітрям, що надійшло із сопла, відбувається подальше його охолодження за рахунок адіабатичного охолодження при різкому розширенні стисненого повітря на виході із сопла. Охолоджений струмінь стисненого повітря, виходячи з сопла, ежектує вентиляційне повітря, що збільшує швидкість руху його в трубопроводі та підвищує ефективність охолодження при змішуванні. Даний спосіб обрано за прототип. 20 Прототип і спосіб, що заявляються, мають наступні спільні

операції: - подача повітря у вузол обробки повітря, - розпилення в потік повітря охолоджуючого агенту (у прототипі стисненого повітря) у вузлі обробки повітря (у прототипі - в корпусі). Спосіб за прототипом має низку недоліків: - наявність додаткових опорів від завихрювача і відповідного патрубка; 25 - підвищення енергетичних витрат за рахунок стиснення повітря та нагнітання його у вузол обробки повітря (корпус). В основу корисної моделі поставлена задача створити спосіб охолодження повітря виробничих приміщень, в якому шляхом введення нових операцій, забезпечити зниження енергетичних витрат при реалізації способу та досягнення температури повітря, необхідної для 30 підтримання в робочій зоні заданих параметрів технологічного кондиціонування. Поставлена задача вирішена у способі охолодження повітря виробничих приміщень, що передбачає подачу повітря у вузол обробки повітря та розпилення в потік повітря охолоджуючого агенту у вузлі обробки повітря тим, що потік повітря прискорюють нагнітачем до 15-20 м/с, подають до конфузора ежекційного пристрою, в якому прискорюють до 45-60 м/с, 35 потім подають до камери змішування ежекційного пристрою, де в повітря розпилюють холодну воду, зволожене і охолоджене повітря подають до дифузора ежекційного пристрою, де потік повітря гальмується та, за рахунок адіабатичного розширення, доохолоджується. Спосіб, що заявляється, реалізують за допомогою ежекційного охолоджувача повітря, який показано на кресленні, де: 40 фіг. 1 - схема ежекційного охолоджувача повітря. Ежекційний охолоджувач повітря містить нагнітач 1, ежекційний пристрій 2, форсунку 3 для розпилення води, ємність для зберігання холодної води 4, трубопровід подачі води 5. Ежекційний пристрій складається з конфузора 6, камери змішування 7 та дифузора 8. Перелічені вузли ежекційного охолоджувача повітря сполучені між собою наступним чином. Вхід нагнітача 1 сполучений з трубопроводом подачі повітря (на кресленні умовно не показано), а вихід - - з конфузорові 6 ежекційного пристрою 2. На вході камери змішування 7 ежекційного пристрою 2 розташована форсунка 3

для розпилення води, поєднана через трубопровід подачі води 5 з ємністю для зберігання холодної води 4. Спосіб, що заявляється, реалізують наступним чином. 50 Повітря подають до нагнітача, де прискорюють до швидкості 15-20 м/с, а звідти до конфузора 6 ежекційного пристрою 2, де прискорюють до швидкості 45-60 м/с. Потім потік повітря подають в камеру змішування 7 ежекційного пристрою 2, де в потік повітря розпилюють через форсунку 3 холодну воду. Охолоджуюча вода надходить до форсунки 3 від ємності для зберігання холодної води 4 через трубопровід подачі води 5, зі швидкістю, рівною швидкості 55 повітря в камері змішування 7. В камері змішування 7 ежекційного пристрою 2 через контакт потоку повітря з дрібнодисперсно розпиленою холодною водою відбувається миттєвий теплообмін, за рахунок якого повітря охолоджується та зволожується. Далі потік повітря надходить до дифузора 8 ежекційного пристрою 2, де гальмується та, за рахунок адіабатичного розширення, доохолоджується. Охолоджене та зволожене повітря подають до робочої зони 60 виробничого приміщення. UA 117837 U 2 Продуктивність пристрою регулюють швидкістю обертання нагнітача, а також контролем подачі охолоджуючої води. Отримання зазначеного технічного результату можливо завдяки спеціальній конструкції ежекційного пристрою, використання охолодження за рахунок розпилення води в потоці повітря, 5 та доохолодження його за рахунок адіабатичного розширення. Пропонована корисна модель забезпечує зниження енергетичних витрат та досягнення температури повітря, необхідної для підтримання в робочій зоні заданих параметрів технологічного кондиціонування

## **ВИСНОВКИ ГЛАВИ 6**

1. Інноваційні методи удосконалення системи кондиціонування повітря за допомогою контактних теплообмінників дозволяють понизити капітальні вкладення устаткування центрального кондиціонера модульного типу за

рахунок зниження витрат на основне устаткування. Збільшити енергоефективність установки за рахунок раціонального використання часу роботи устаткування з високим споживанням електроенергії.

2. Розроблені схеми та технічні рішення блочних центральних кондиціонерів для роботи гранично допустимих режимах з використанням контактних теплообмінників ежекторного типу. патент на винахід №u 121838 Спосіб нагрівання повітря. патент на винахід. № u121951 Установа для нагрівання повітря, Патент на корисну модель №u 140239 Спосіб нагрівання повітря. , Патент на корисну модель. Установа для нагрівання повітря №u 140238 Установа для нагрівання повітря., . Патент на корисну модель № u142493 Спосіб конденсації парів вуглеводів, Патент на корисну модель №u142494 Установа для конденсації парів вуглеводів., Патент на корисну модель № u143331, Установа для виробництва шуги. Патент на корисну модель № u143626, Спосіб виробництва шуги, Патент на корисну модель №u 117401 Ежекційний охолоджувач повітря., Патент на корисну модель №u 117837 Спосіб охолодження повітря виробничих приміщень<sup>4</sup>. Вирішення очистки та фільтрації повітря за допомогою контактного теплообміну у спеціальному блоці центрального кондиціонера дозволило збільшити енергоефективність на 27%

## 7 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-їй групі складності ;
- рівень – локальний.

*Життєвий цикл проекту* — це період часу від задуму проекту до його закінчення, який може характеризуватися моментом здійснення перших витрат за проектом (поява проекту) і отриманням останньої вигоди (ліквідація проекту).

Життєвий цикл проекту — концепція, що розглядає проект як послідовність фаз, подій та етапів, кожна з котрих має свою назву та часові межі.

Життєвий цикл проекту є базовим, вихідним поняттям для дослідження проблем реалізації проекту, фінансування робіт, прийняття рішень про доцільність капіталовкладень та деталізації проекту. Незалежно від розміру, обсягу й вартості виконуваних операцій будь-який проект у власному розвитку проходить періоди задуму, підготовки, реалізації, закінчення та ліквідації. Всі ці стани проекту, як правило, поділяються на складові, які дістали назви «фаза», «стадія» та «етап».

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.

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 таблиці 9.1 детально приводяться строки виконання частин проекту.

Таблиця 9.1- Календарний план робіт проекту

№ П/П	Події	Строки виконання			
		Лютий	Березень	Квітень	Травень
1	Тепловий Розрахунок	5-26			
2	Аеродинамічний розрахунок	26	15		
3	Розрахунок повітрянагрівача		16	5	
4	Розрахунок компресора і конденсатора			6	5
5	Підбір фільтрів і повітророзподільних приладів				6-20
6	Розрахунок основних техніко-економічних показників проекту				20-31
7	Оформлення розрахунково пояснювальної записки				31

Маркетингове обґрунтування проекту.

**Метою маркетингового аналізу** є обґрунтування комерційної спроможності проекту, оцінка можливості реалізації даного продукту на обраному ринку та отримання рівня доходу, що дозволив би покрити витрати за проектом і задовольнити інтереси інвесторів.

Споживачі відрізняються один від одного по різних параметрах, їхньої потреби, ресурси, звички, культура, відповідно, відрізняються і їхні споживчі інтереси й можливості. Тому може бути проведене сегментування ринку - це групування покупців залежно від прийнятого критерію.

Для забезпечення необхідних параметрів повітря в приміщенні застосовують центральну систему кондиціонування повітря . ЦСКП мають наступні переваги:

- можливістю ефективно підтримка заданої температури й відносної вологості повітря в приміщенні;
- зосередженням обладнання, що вимагає систематичного обслуговування й ремонту в малій кількості місць або навіть в одному місці;
- можливостями організації ефективного шумо й віброгасіння;
- не займають корисного обсягу приміщення, тому що розташовуються в основному в підвалі чи на даху.

За допомогою СКП приналежній акустичній обробці повітряводів, обладнання глушителів шуму й гасителів вібрацій можна досягти найбільш низьких рівнів шуму в приміщеннях і обслуговувати так само, як радіо й телевізійних студій.

Центральні системи мають деякі недоліки. Основним, з яких є необхідність проведення складних монтажних-будівельних робіт з установки кондиціонерів, прокладки повітряводів і трубопроводів, внаслідок чого застосування ЦСКП в існуючих будинках іноді стає неможливо.

Статистика свідчить, що практично 80% усіх фірм, які стали банкрутами у розвинених країнах, не здійснили маркетингової проробки всіх аспектів своєї діяльності. Детальний аналіз ринку на фазі планування проекту допоміг би виправити помилки ще до того, як вони могли б бути зробленими. У багатьох випадках неадекватна продуктивність проекту є результатом недостатньої його підготовки, тому маркетинговий аналіз обов'язковий вже з першої стадії планування проекту.

## Економічні розрахунки

### Розрахунок капітальних вкладень

Капітальні вкладення на створення систем вентиляції і кондиціонування повітря складаються з витрат, пов'язаних з придбанням устаткування, включаючи засоби автоматики, вартості виробничої площі, на якій воно розміщується і витрат на будівельномонтажні роботи, безпосередньо пов'язані із створенням системи кондиціонування і вентиляції.

Капітальні вкладення визначають по формулі:

$$K = K_{об} + K_{тр} + K_{м} + K_{пр}, (грн.) \quad (9.1)$$

- где  $K_{об}$  - вартість устаткування;

$K_{тр}$  - транспортні витрати, приймаються у розмірі 5-15% від вартості устаткування;

$K_{м}$  - витрати на монтажні і пусконаладжувальні роботи приймаються у розмірі 10-20% від вартості устаткування;

$K_{пр}$  - вартість проекту (проектної документації), приймаємо в розмірі 20 – 25 % від вартості обладнання.

$$K_{тр} = 0,05 * 223580 = 11179$$

$$K_{м} = 0,15 * 223580 = 33537$$

$$K_{пр} = 0,2 * 223580 = 44716$$

$$K_{об} = 223580 + 11179 + 33537 + 44716 = 313012(грн)$$

Таблиця 9.2 - Капітальні вкладення на СКП

Назва обладнання	Ціна за одиницю, грн	Одиниці виміру	Кількість одиниць	Загальна вартість обладнання, грн
«ВЕЗА» КЦКП-16	32000	шт.	1	32000
CGAN – 150 фірми TRAINE	145768	шт.	1	145768
Жестяні повітроводи	185	п.м.	81	14962
Повітророзподільні решітка	99,3	шт.	29	2880
Вся вартість обладнання				195610
Транспортні витрати				9780
Витрати на монтажні роботи				29341
Вартість проектних робіт				39122
Всього капітальних вкладень				273854

*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 ( $C_3$ )
4. Витрати на поточне обслуговування й поточний ремонт ( $C_o$ )
5. Амортизаційні витрати ( $C_a$ )
6. Інші витрати ( $C_i$ )

*Витрати на електроенергію*

$$C_3 = 0,7 \cdot N_y \cdot T_3 \cdot C_3 \quad (9.2)$$

- де  $C_3$  - вартість 1 кВт електроенергії в годину;

$N_y$  - сумарна настановна потужність;

$T_3$  - кількість годин роботи електродвигунів.

$$N_y = N_{\text{уст.1}} + N_{\text{уст.2}}$$

$$N_y = 24 + 2 = 26 \text{ кВт}$$

$$C_3 = 0,7 * 26 * 4380 * 0,3 = 23914 (\text{грн} / \text{рік})$$

*Витрати на воду*

$$C_6 = B \cdot t_y \cdot C_6 \cdot 10^{-3} \quad (9.3)$$

де  $B$  – витрата води на зволоження ,

$t_y$  – кількість годин роботи в режимі зволоження;

$C_6$  – вартість 1 м<sup>3</sup> води.

$$C_6 = 3705 \cdot 1080 \cdot 1,5 \cdot 10^{-3} = 6002 \left( \frac{\text{грн}}{\text{рік}} \right)$$

*Допоміжні матеріали*

$$C_m = C_{m1} + C_{m2} \quad (9.4)$$

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;

$$C_{m1} = 0,1 * V * C_x = 0,1 * 15 * 300 = 450 (\text{грн}) \quad (9.5)$$

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

$C_x$  – вартість 1 кг хладагента, грн.

Вартість фільтруючого матеріалу:

$$C_{m2} = \frac{t_\phi \cdot f \cdot u_m}{t_m} = \frac{4380 \cdot 9,4 \cdot 20}{1343} = 613 \left( \frac{\text{грн}}{\text{рік}} \right) \quad (9.6)$$

де  $t_{\phi}$  – час роботи фільтру, год/рік;

$f$  – робоча поверхня фільтруючого матеріалу, м<sup>2</sup>;

$C_m$  – вартість 1 м<sup>2</sup> фільтруючого матеріалу, грн.;

$t_m$  – час роботи фільтруючого матеріалу, год/рік.

$$C_m \cdot 450 + 613 = 1063 \text{ (грн / рік)}$$

*Витрати на поточний ремонт і технічне обслуговування*

$$C_o = 0,05 * K_{об} = 0,05 * 313012 = 15650 \text{ (грн / рік)} \quad (9.7)$$

*Амортизаційні відрахування*

$$C_a = 0,15 * K_{об} = 0,15 * 313012 = 46951 \text{ (грн / рік)}$$

(9.8)

*Інші витрати*

Приймаємо у розмірі 3% від сумарних експлуатаційних витрат:

$$C_{np} = 0,03 \cdot C_{об} = 0,03 \cdot 86212 = 2586 \left( \frac{\text{грн}}{\text{рік}} \right) \quad (9.9)$$

Результати розрахунків експлуатаційних витрат зводимо в таблицю 9.3

Таблиця 9.3 – Експлуатаційні витрати

Найменування статей витрат	Сума, грн/рік
Витрати на електроенергію	23914
Витрати на воду	6002
Витрати допоміжні матеріали	1063
Витрати на поточний ремонт і технічне обслуговування	15650
Амортизаційні відрахування	46951
Інші витрати	2586
Всього експлуатаційні витрати, грн/год	98752

*Розрахунок приведених витрат*

Приведені витрати визначимо по формулі:

$$P_i = C_i + E_H * K_i = 98752 + 0,15 * 313012 = 145703 \text{ (грн)} \quad (9.10)$$

Визначимо питомі витрати на 1 м<sup>3</sup> повітря

- капітальні вкладення:

$$K' = \frac{K}{V} = \frac{313012}{8672} = 36.09(\text{грн} / \text{м}^3) \quad (9.11)$$

- експлуатаційні витрати:

$$C' = \frac{C}{V} = \frac{98752}{8672} = 11,38(\text{грн} / \text{год} * \text{м}^3) \quad (9.12)$$

- приведені витрати:

$$П' = \frac{П}{V} = \frac{145703}{8672} = 16,80(\text{грн} / \text{год} * \text{м}^3) \quad (9.13)$$

Розрахунок економії від утилізації тепла:

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

$$C_{\text{ум}} = 20 \cdot 0,436 \cdot 18 \cdot 180 = 25,5(\text{тис.грн.}) \quad (9.14)$$

Розрахунки строку окупності капітальних вкладень

Після того як була встановлена система кондиціонування повітря працездатність робітників поліпшилась, поменшала частота захворювання.

Отже, строк окупності капітальних вкладень складе:

$$T = \frac{K}{П}, \text{ років} \quad (9.15)$$

де: К - капітальні витрати, грн.;

П - збільшення прибутку, грн.;

$$T = \frac{313012}{220000} = 1,5 \text{ роки}$$

Економічна ефективність СКП :

$$E = \frac{П}{K} \quad (9.16)$$

$$E = \frac{220000}{313012} = 0,7$$

Результати розрахунку зведемо в таблицю 9.4.

Таблиця 9.4 - Техніко-економічні показники СКП

Показники:	Проектований варіант:
Продуктивність по повітрі, ( $m^3/год$ )	8672
Холодопродуктивність, ( $kWt$ )	39,4
Встановлена потужність, ( $kWt$ )	20,2
Витрата води, ( $m^3/год$ )	6
Капітальні вкладення, тис.грн.:	313012
Річні експлуатаційні витрати, тис.грн.:	98752
Питомі витрати на $1m^3$ повітря:	
- капітальні вкладення:	36,09
- експлуатаційні витрати:	10,24
- приведені витрати:	14,97
Економія від утилізації тепла, тис.грн:	25,5
Термін окупності, роки:	1,5

Отже перед тим як прийняти те чи інше рішення, треба детальний аналіз та перевірка усіх факторів , котрі мають вплив на вибір СКП . І тільки тоді треба приймати рішення яке обладнання вибрати. І звичайно треба розробити економічний розрахунок для замовника, котрий дасть більш повне уявлення про капітальні вкладення ,експлуатаційні витрати та строк окупності.

## 8 ОХОРОНА ПРАЦІ

За ступенем на організм людини карбон відносять до помірно небезпечних речовин (3 клас небезпеки).

Гранично допустима концентрація карбону в повітрі робочої зони - 10 мг/мі (максимальна разова доза).

В організм людини карбон може проникати через органи дихання, шлунково-кишковий тракт, а також може потрапляти на шкіру та очі.

Тривале вдихання пилу карбону в концентраціях, що перевищують гранично допустиму, призводить до розвитку хронічного запалення слизової оболонки трахеї та бронхів, змін функції печінки та нирок. При інгаляційному отруєнні спостерігається подразнення слизової оболонки дихальних шляхів, утруднене дихання; при потраплянні всередину - пінисті виділення з носа, синюшність шкіри, судоми (при сильному отруєнні). При дії на шкіру - подразнення; на очі – сльозогін, поразка рогівки.

При попаданні в очі та на шкіру необхідно промити їх великою кількістю води. При отруєнні інгаляційним шляхом - необхідне свіже повітря, спокій, тепло, чистий одяг. Слід ретельно прополоскати ніс та рот водою. При попаданні всередину - рясне питво, активоване вугілля, сольове проносне. За необхідності слід звернутися за медичною допомогою.

Усі виробничі приміщення повинні бути обладнані загальнообмінною примусовою вентиляцією, місця можливого пилу - місцевими відсмоктувачами, повітря яких перед викидом в атмосферу має прямувати на очищення.

При виготовленні та фасуванні карбону повинні дотримуватися загальних вимог пожежної безпеки та гігієнічних вимог.

Усі роботи з карбоном необхідно проводити з дотриманням заходів індивідуального захисту (спеціальні костюми, черевики або чоботи, гумотрикотажні рукавички, респіратор, ватно-марлева пов'язка).

Гранично допустима середньодобова масова концентрація карбону в атмосферному повітрі населених місць – 0,2 мг/мі.

Промивання води після промивання обладнання та комунікацій мають бути спрямовані на біоочисні споруди. Гранично допустима концентрація карбону для води водних об'єктів, що мають рибогосподарське значення – 80 мг/дмі.

Тверді відходи виробництва або застосування карбону (після очищення обладнання та комунікацій, розсипу) повинні бути спрямовані на технологічну переробку або бути реалізовані за погодженням із споживачем.

При зберіганні та транспортуванні карбону необхідно дотримуватись заходів, що виключають його неконтрольоване потрапляння в навколишнє середовище.

Застосування карбону повинне відповідати правилам охорони навколишнього середовища від шкідливого впливу мінеральних добрив. Дози карбону - джерела амідного азоту визначаються станом ґрунту, що вирощуються культурами і не повинні призводити до забруднення ґрунту, водойм та навколишнього середовища, накопичення в ґрунті та сільськогосподарської продукції.

У цеху капронового корду велике значення приділяють техніці безпеки. Порушення правил техніки безпеки, відступу від нормального режиму роботи або порушення трудової дисципліни у цеху капронового корду призводять до аварій, нещасних випадків і навіть до можливості виникнення професійних захворювань.

Деякі процеси у виробництві сечовини є вогне- та вибухонебезпечними. Небезпека та шкідливість окремих стадій виробництва визначаються:

а) наявністю машин та рухомих механізмів; комунікацій, що працюють під тиском, можливістю скупчення в каналах та отворах оксиду та діоксиду вуглецю, наявністю олії та кисню, що застосовується як добавка до експанзерного газу, а також електрообладнання високої напруги.

б) можливістю виділення аміаку з розчинів, що кристалізуються; наявністю великої кількості електрообладнання; машин, що працюють під високим тиском (насоси); наявністю гарячих розчинів.

в) можливістю виділення діоксиду вуглецю.

При проведенні технологічного процесу ретельно стежать за роботою компресорів, що зріджують діоксид вуглецю, не допускається перевищення температури та тиску газу на кожному ступені цієї машини, контролюється режим мастила маслом циліндрів та підшипників. Не допускається зниження тиску олії у трубопроводі після масляного насоса, а також перевищення температури підшипників. Необхідно суворо дотримуватись нормативів пробілу апаратів. Особливу увагу слід звертати на можливість утворення вибухової суміші кисню з інертними газами воднем; оксидом вуглецю; метаном, що виходить з конденсатора аміаку та хвостового абсорбера. Відбір проб сечовини, вимірювання температури пульпи роблять тільки при зупиненому шнеку. Не дозволяється застосовувати шланги, складені зі шматків або зношені.

Необхідно суворо підтримувати рівень рідкого аміаку у збірнику перед аміачним насосом високого тиску та рівень вуглеамонійних солей перед насосом високого тиску, т.к. попадання газу в насоси може спричинити гідравлічні удари та призвести до порушення цих машин. Забороняється проводити по ходу чищення та ремонт транспортерів та елеваторів.

### **Вентиляція приміщень у цехах капронового корду**

На відміну від житлових приміщень усередині будівель промислових підприємств протікають різні технологічні процеси, від них у простір цехів виділяється безліч шкідливостей. Головне завдання, яке має виконувати вентиляція цехів капронового корду, - це видалення забрудненого повітря, що негативно впливає на здоров'я людини та заміщення її свіжим обробленим повітрям ззовні. Під обробкою зовнішнього повітря мається на увазі процес, у

якому система вентиляції очищає, нагріває (чи охолоджує) і зволожує повітряні маси з вулиці, як направити їх усередину будівлі. У той самий час промислова витяжна вентиляція має крім видалення шкідливостей розсіяти їх у необхідній висоті поза будівлі або взагалі обмежити їх викид у повітря (за необхідності). У всіх випадках у цехах повинна передбачатися як витяжка, так і приплив, інакше повноцінний повітрообмін неможливий. Щоб виконувати проектування вентиляції промислової будівлі відповідно до нормативних документів, шкідливості поділяються на такі групи:

- виділення зайвої теплоти;
- шкідливі чи вибухонебезпечні гази та аерозолі;
- надмірне надходження водяної пари в повітря приміщення;
- підвищена запиленість;
- газо- і тепловиділення від людей, які займаються працею різного ступеня важкості.

Залежно від призначення відбувається наступна класифікація промислових об'єктів:

- загальнообмінна природна вентиляція цехів капронового корду;
- припливно-витяжна вентиляція з примусовим (механічним) спонуканням.

### **Види вентиляції промислових цехів**

Залежно від способу переміщення повітря вентиляція цеху капронового корду може бути:

- природна;
- механічна.

У першому випадку повітряобмін відбувається за рахунок температурної різниці і різниці в тиску потоків повітря. Такий тип вентилявання може бути неорганізованим (заснованим на елементарних

фізичних явищах – наприклад, протяг) та організованим (аерація). Для цього задіяні спецконструкції (наприклад, короби із заслонами), що дозволяють регулювати величину і силу повітряного потоку. Механічна вентиляція дозволяє проводити попередню обробку припливного повітря (охолодження, нагрівання, зволоження) та фільтрацію забрудненого повітря перед викидом в атмосферу. Як інженерно-технологічний об'єкт, вентиляцію промислових цехів можна умовно поділити на 2 види, за способом організації повітрообміну:

- місцевого типу;
- загальнообмінного типу.

У першому випадку, головне завдання місцевої вентиляції полягає у локалізації та подальшому видаленні шкідливих та токсичних речовин та викидів, безпосередньо у місці їх виникнення. Насправді, джерело забруднення ховається з усіх боків т.зв. щитами, формуючи своєрідний ковпак. Усередині подібного укриття виникає розрідження при відсмоктуванні повітряних мас тому, що тиск усередині нижче атмосферного. Такий захід перешкоджає надходженню шкідливих домішок у приміщення. Місцева система вентиляції цеху досить ефективно справляється з очищенням повітря, та її організація досить бюджетна. У тих випадках, коли місцева вентиляція не може локалізувати джерела забруднення в повному обсязі, використовують загальнообмінний тип вентиляції. Її мета полягає в комплексному очищенні повітря у всіх цехів капронового корду (або їх значної частини), за допомогою розведення концентрації шкідливих домішок, пилу та бруду, теплових випромінювань та ін. Загальнообмінна вентиляція добре справляється з поглинанням тепла і, переважно, застосовується у випадках, коли немає викиду шкідливих домішок у повітря цехів капронового корду. Якщо специфіка виробництва передбачає викид газів, шкідливих парів,

канцерогенів та пилу, застосовують вентиляцію змішаного типу: загальнообмінні+місцеві відсмоктувачі.



В окремих випадках підприємства, виробництво яких пов'язане зі значним пиловиділенням або викидом токсичних домішок, повністю відмовляються від загальнообмінної вентиляції. Пояснюється це тим, що потужна загальнообмінна система може просто рознести ці шкідливості та пил по всій території цеху. Ключова концепція побудови вентиляційних систем полягає в тому, щоб видалити максимальний обсяг шкідливостей за допомогою місцевих відсмоктувачів (а це головний базис, на якому будується промислова витяжна вентиляція), а домішки, що залишилися, розбавити припливом свіжого повітря, знизивши їх концентрацію до граничного допустимого рівня. Класифікація вентиляції промислових цехів за способом дії:

- припливна вентиляція цеху;
- витяжна вентиляція цеху;
- припливно-витяжна вентиляція цеху.

Припливна система вентиляції цеху націлена на забезпечення вільного припливу свіжого повітря в обсягах, якого буде достатньо повноцінного функціонування виробництва. У системах припливного типу, в основному,

використовують каналні вентилятори, які виробляють забір повітря ззовні з подальшим його пропуском через калорифери, де відбувається нагрівання та зволоження (якщо потрібно). Такі системи здатні повністю забезпечити примусове надходження повітряних мас до цеху. При цьому, тиск повітря збільшується в порівнянні з показниками атмосферного тиску, що сприяє природному (неорганізованому) видавлюванню відпрацьованого повітря на вулицю через щілини, виходи або отвори. Місцева припливна вентиляція може бути декількох видів та включати таке обладнання, як:

- повітряний душ (потік чистого повітря, що спрямовується на робоче місце: стаціонарні та мобільні)
- повітряні та повітряно-теплові завіси (з підігрівом та без)
- оази (обслуговують цілі ділянки цеху, де повітря рухається з розрахованою швидкістю та температурою)

Витяжна система виконує видалення

забрудненого/вологого/гарячого/токсичного повітря, а його заміщення на чисте відбувається неорганізовано — через віконні та дверні отвори тощо. при значному штаті задіяних з виробництва співробітників.

Усі види витяжних вентиляційних установок виробничих цехів складаються з кількох компонентів:

- відсмоктування (відкритого типу — що складаються із захисного кожуха, витяжної парасольки, шарнірно-телескопічних/бортових відсмоктувачів, повітроприймачів; або закритого типу до яких можна віднести витяжні шафи (для виробництв з підвищеним виділенням токсичних газів та отруйних пар), камери, бокси (для роботи з особливо отруйними та радіоактивними речовинами), кабіни)
- вентилятора (відцентрового або осьового);
- витяжного каналу;
- фільтра;
- повітровода

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Жихарева Н.В. Моделювання та оптимізація систем кондиціонування повітря [Текст] / Н.В.Жихарева // –Одесса: «ТЭС», 2016. – 171 с.
2. Zhang Q. Development of typical year weather data for Chinese locations. [Tekst] // Q.Zhang, J.Huang, S. Lang / ASHRAE Transactions: Symposia, 2002, vol. 108.
3. Kogut V.. The filter on the basis of the ejector of the heat exchanger for purification of harmful substances from flue gases using heat exchanger as combustion gas filter [Tekst] / V Kogut. V.Bushmanov, N. Zhykharieva//AIP Conferenc Proceedings 2285, 030087 (2020); <https://doi.org/10.1063/5.0026819>
4. Жихарева Н.В. Математичні аспекти термoeкономiчного аналізу холодильної установки плодоовочесховища. [Текст] / Н.В. Жихарева.// Холодильна техніка і технологія. 2014. № 2 (148). С. 11–15. .
5. Жихарева Н.В. Підвищення ефективності активного вентилявання при зберіганні плодоовочевої продукції [Текст] / Н.В. Жихарева., М.Г. Хмельнюк, В.І.// Наукові праці ОНАХТ – 2014. – Випуск 45. Том 1. с С. 116 –120. .
6. Когут В.Е. Применение теплообменника-эжектора в установках промышленного охлаждения воздуха [Текст] / В.Е Когут., Е.Ю Бутовский., Хмельнюк М.Г., Н.В Жихарева. // Холодильна техніка і технологія. 2015. № 1.С. 21–25.
7. Креслинь А.Я. Оптимизация энергопотребления системами кондиционирования воздуха [Текст] / А.Я. Креслинь. // - Рига: РПИ - 1982. – 155 с.
8. Кувшинов Ю.А. Расчет годовых расходов энергии системами вентиляции и кондиционирования воздуха [Текст] / Ю.А. Кувшинов // АВОК. – 2006. – №7. – С. 35 –42.
9. Нимич Г.В. Современные системы вентиляции и кондиционирования

- воздуха [Текст] / Г.В. Нимич, В.А. Михайлов, Е.С. Бондарь. // - К.: ТОВ «Видавничий будинок. Аванпост–Прим». - 2005. – 630 с. 142
- 10.Рымкевич А.А. Математическая модель системы кондиционирования воздуха [Текст] / А.А. Рымкевич. // - Холодильная техника. – 1981.– №2. – С. 28 - 32.
  - 11.Жихарева Н.В. Математична модель плівкового зволожувача для плодоовочесховищ [Текст] / Н.В. Жихарева // // Холодильна техніка і технологія. 2014. № 6 (152). С.54–58
  - 12.Богданов С.Н. Холодильная техника. Кондиционирование воздуха. Свойства веществ: Справочник [Текст] / С.Н. Богданов – СПб.: СПбГАХПТ, 1999. – 320 с.
  - 13.Богословский В.Н. Теплофизика аппаратов утилизации тепла, систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. [Текст] / В.Н., Богословский, М.Я. Поз – М.: Стройиздат, 1983. – 320 с.
  - 14.Лабай В.Й., Тепломасообмін [Текст] / В.Й. Лабай // –Львів: Тріада плюс. 2004 – 260.
  - 15.Погорелов А.І. Тепломасообмін [Текст]: Навчальний посібник для вузів.– / А.І. Погорелов Львів. –:«Новий світ-2000». – 2004. – 144 с.
  - 16.Бурцев, В.И. Исследование нестационарного теплообмена в вентилируемой воздухом массе продукции. [Текст] / В.И Бурцев., Г.М Позин., И.С Шуев. //Труды института Гипрониисельпром. – М.:Стройиздат. – 1973. – вып. V . – С.186-191.
  - 17.Жихарева, Н.В. Оптимізація режиму роботи холодильної установки плодоовочесховищ. / Н.В. Жихарева, М.Г.Хмельнюк // Холодильна техніка і технологія. – Одесса:ОДАХ. – 2012. – №5. - с.16-20.
  - 18.Спосіб нагрівання повітря. Патент на винахід №u 121838 / Когут В.О., Бабой Є.О., Талибли Р.Е., Жихарева Н.В., Хмельнюк М.Г., Дорошенко О.В., Заявка №u201907885 Публікація 27.07.2020 р , бюл. № 14.

19. Установа для нагрівання повітря. Патент на винахід №u 121951 /Когут В.О., Бабой Є.О., Талибли Р.Е., Жихарева Н.В., Хмельнюк М.Г., Дорошенко О.В. Заявка №a201907887 Публікація 10.08.2020 р, бюл. № 15
20. Спосіб нагрівання повітря. Патент на корисну модель №u 140239 / Когут В.О., Бабой Є.О., Талибли Р.Е., Жихарева Н.В., Хмельнюк М.Г., Дорошенко О.В., Заявка №u201907888 Публікація 10.02.2020 р. бюл. № 3.
21. Установа для нагрівання повітря. Патент на корисну модель №u 140238 /Когут В.О., Бабой Є.О., Талибли Р.Е., Жихарева Н.В., Хмельнюк М.Г., Дорошенко О.В. Заявка №u201907886 Публікація 10.02.2020 р. бюл. № 3.
22. Спосіб конденсації парів вуглеводів . Патент на корисну модель № u142493 /Когут В.О., Косой Б.В., Бушманов В.М., Жихарева Н.В. Заявка №u201911584 Публікація 10.06.2020 р. бюл. № 11
23. Установа для конденсації парів вуглеводів Патент на корисну модель №u142494/ Когут В.О., Косой Б.В., Бушманов В.М., Жихарева Н.В. Заявка №u201911586. Публікація 10.06.2020 р. бюл. № 11
24. Спосіб виробництва шуги. Патент на корисну модель № u143331 / Когут В.О., Талибли Р.Е., Жихарева Н.В., Хмельнюк М.Г., Дорошенко О.В., Заявка №u202000340 Публікація 27.07.2020 р. бюл. № 14.
25. Установа для виробництва шуги. Патент на корисну модель № u143626 / Когут В.О., Талибли Р.Е., Жихарева Н.В., Хмельнюк М.Г., Дорошенко О.В., Заявка №u202000343 Публікація 10.08.2020 р бюл. № 15
26. Ежекційний охолоджувач повітря. Патент на корисну модель №u 117401 /Когут В.О., Бутовський Є.Д., Бушманов В.О., Хмельнюк М.Г., Жихарева Н.В. Заявка №u201700181 Публікація 26.06.2017 р. бюл. № 12.
27. Спосіб охолодження повітря виробничих приміщень Патент на корисну модель №u 117837 /Когут В.О., Бутовський Є.Д., Бушманов В.О., Хмельнюк М.Г., Жихарева Н.В. Заявка №u201700793 Публікація 10.07.2017 р. бюл. № 13