

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) Остапенко Д.О.

2 курсу ХМ161МН групи

Керівник доц., к.т.н. Жихарева Н.В.

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 ХМНЛЬНЮК

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

Остапенко Денис Олександрович

1. Тема роботи Дослідження енергоефективності системи кондиціонування та фільтрації повітря інноваційними технологіями для приміщення текстильного цеху капронового корду

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  $30.0^{\circ}C$ . 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.		
Екномічний розділ	Жихарєва Н.В.		

7. Дата видачі завдання 27.03.2023 р.

Керівник \_\_\_\_\_ Жихарєва Н.В.

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_ Остапенко Д.О.

**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 \_\_\_\_\_ Остапенко Д.О.

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 Остапенко Денис Олександрович

## АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота магістра Остапенко Д.О. Дослідження енергоефективності системи кондиціонування та фільтрації повітря інноваційними технологіями для приміщення текстильного цеху капронового корду складається з: 87 сторінок тексту, 12 рисунків, 7 таблиць, 37 посилань на літературні джерела.

Дана робота присвячена науковому дослідженню процесів кондиціонування та очищення повітря для підтримки енергоефективних режимів в приміщенні цеху капронового корду з розробкою методів і технічних рішень щодо підвищення ефективності систем кондиціонування повітря з використанням інноваційних технологій - контактних теплообмінних апаратів для очищення, нагріву, охолодження та підтримки відносної вологості. Розглянуто визначення економічної товщини ізоляції огороження та встановлений взаємозв'язок їх ланок у процесі, для забезпечення оптимальних параметрів в приміщеннях з проведенням термoeкономічного аналізу з урахуванням економічних критеріїв оптимальності, дані рекомендації щодо удосконалення кондиювання повітря з застосуванням інноваційних технологій

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

## ANNOTATION

Master's thesis of Ostapenko D.O. The study of the energy efficiency of the air conditioning and filtration system using innovative technologies for the premises of the textile workshop of kapron cord consists of: 93 pages of text, 27 figures, 7 tables, 45 references to literary sources.

This work is devoted to the scientific research of air conditioning and air purification processes to maintain energy-efficient modes in the premises of the kapron cord workshop with the development of methods and technical solutions for increasing the efficiency of air conditioning systems using innovative technologies - contact heat exchange devices for cleaning, heating, cooling and maintaining relative humidity. The definition of the economic thickness of the insulation of the fence was considered and the relationship of their links in the process was established, to ensure optimal parameters in the premises with a thermo-economic analysis taking into account the economic criteria of optimality, recommendations were given for improving air conditioning using innovative technologies

**Key words:** Key words: air conditioning systems, air parameters, nylon cord, ventilation, ejection humidification, air filtration, insulation. heat exchange

## ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП.....	3
1. ІСНУЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА КАПРОНОВОГО КОРДА.....	8
1.1 Властивості продуктів та його технологічні характеристики.....	8
1.2 Аналіз технологічних процесів виробництва капронового корду .....	10
1.3 Основні технічні рішення для виробництва корду .....	11
2. ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ТОВЩИНИ ІЗОЛЯЦІЇ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ТЕПЛОПРИПЛИВІВ ПРИМІЩЕНЬ КАПРОНОВОГО КОРДУ .....	14
3. ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛОВОЛОГІСНОЇ ОБРОБКИ В ПРИМІЩЕННЯХ КАПРОНОВОГО КОРДУ .....	
4. ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ВЕНТИЛЯЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ.....	28
5. ОСОБЛИВОСТІ ЦЕНТРАЛЬНОЇ СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ З ДОДАТКОВОЮ ОЧИСТКОЮ.....	44
5.1.Розрахунок повітрянагрівача.....	45
5.2.Розрахунок камери зрошення .....	47
5.3Розрахунок насосної станції .....	54
5.4 Способи очищення повітря .....	60
6. ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПРИМІЩЕНЬ КАПРОНОВОГО КОРДУ .....	54
6.1 Застосування ежекторних теплообмінників в центральних кондиціонерах.....	58
6.2 Спосіб очистки повітря.....	66

					КРМ.ХУіКП 1. 793-03.1.8							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розрахунково- пояснювальна записка			Літ.	Арк.	Аркушів		
Розроб.		Остапенко Д.О								5	102	
Перевір.		Жихарева Н.В.						ХМ161МН- група				
Реценз.		Олійник К.В.										
Н. Контр.												
Затверд.												

7. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗИКІВ ПРОЕКТУ.....	74
8. ОХОРОНА ПРАЦІ В ПРИМІЩЕННЯХ КАПРОНОВОГО КОРДУ ...	85
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	

ДОДАТКИ: Програми тепло-вологісного розрахунку

## ВСТУП

Під системами кондиціонування повітря розуміють пристрої, призначені для створення та автоматичної підтримки в приміщеннях необхідних параметрів повітряного середовища (температури, вологості, тиску, чистоти складу та швидкості руху), незалежно від зовнішніх (пора року, погода) та внутрішніх (тепло-, волого- та газовиділень) факторів.

Основою технологічної системи кондиціонування повітря є агрегати, в яких здійснюються очищення та термовологісна обробка повітря, що подається в приміщення, які обслуговуються, згідно з технологічними та санітарно-гігієнічними умовами.

До стану повітряного середовища можуть пред'являтися додаткові вимоги щодо очищення повітря від пилу, додаткового зволоження повітря та інших процесів

За допомогою кондиціонування повітря в закритих приміщеннях та спорудах можна підтримувати необхідну температуру, вологість, газовий та іонний склад, наявність запахів повітряного середовища, а також швидкість руху повітря. Зазвичай у виробничих будівлях потрібно підтримувати лише частину зазначених параметрів повітряного середовища. Система кондиціонування повітря включає комплекс технічних засобів, що здійснюють необхідну обробку повітря (фільтрацію, підігрів, охолодження, осушення і зволоження), транспортування його і розподіл в обслуговуваних приміщеннях, пристрої для глушіння шуму, викликаного роботою обладнання, джерела тепло- і холодопостачання, засоби автоматичного регулювання, контролю та управління, а також допоміжне обладнання. Кондиціонування повітря забезпечує в приміщенні необхідний мікроклімат для нормального перебігу технологічного процесу або створення умов комфорту.

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

Метою даної роботи є підвищення енергоефективності системи кондиціонування та фільтрації повітря інноваційними технологіями для приміщення текстильного цеху капронового корду

### **Методи дослідження.**

Ескізна та графічна розробка принципової схеми та експерименти з визначенням показників економічної ефективності системи кондиціонування повітря, чисельні методи та методи оптимізації, використання платформи Labster.

### **Теоретична цінність.**

Визначається в дослідженні та розробці системи кондиціонування повітря при нестационарних теплових режимах текстильного цеху капронового корду

### **Фактологічна база.**

Фактологічною базою дослідження є різні схемні рішення систем кондиціонування повітря. В якості джерел інформації використані: методичні рекомендації, видання кондиціонування повітря та веб-сайти.

### **Структура роботи.**

Включає 8 розділів основної частини, висновків, списку використаних джерел інформації та додатків.

### **Задачі дослідження.**

Провести дослідження системи кондиціонування повітря для приміщення текстильного цеху капронового корду. Розробити модель системи кондиціонування повітря текстильного цеху капронового корду, що включає розрахунок параметрів кондиціонування повітря та інноваційні технології з використанням ежекційних довідників. Підібрати систему кондиціонування для текстильного цеху капронового корду, що дозволяє підтримувати параметри повітря.

СКП є основною складовою частиною системи кондиціонування мікроклімату (СКМ), що забезпечує внутрішні кліматичні умови і включає в себе зовнішні огорожувальні конструкції, системи опалення та вентиляції. СКП поділяють на центральні та місцеві, цілорічні та сезонні. Місцеві кондиціонери застосовуються в побуті, в офісних приміщеннях і призначені для обслуговування кількох розташованих приміщень, одного приміщення або частини його. Центральні СКП обслуговують групу переважно близьких на вимогу до параметрів повітряного середовища приміщень. Вони бувають одно- і двоканальні, прямоточні (що подають у приміщення лише зовнішнє повітря) та з частковою рециркуляцією (частина повітря для формування припливної суміші забирається з приміщення). Забір частини повітря з приміщення виконується з метою підвищення енергетичної та економічної ефективності СКП, надлишкового тиску в приміщенні, що кондиціонується.

Основним елементом СКП є кондиціонер – агрегат для обробки та переміщення повітря. .

Широко застосовують кондиціонери, в яких для зміни температури і вологості повітря реалізуються процеси тепло- і масообміну шляхом безпосереднього контакту його з водою в контактних апаратах (форсуночні камери, зрошувані насадки і шари тощо). Тепловологісна обробка повітря здійснюється також за допомогою пари, рідких та твердих сорбентів. Зміна тільки температури повітря здійснюється за допомогою теплообмінників, в яких теплота передається у повітря від теплоносія через стінку, що розділяє. Як правило, як стінка застосовуються оребрені трубні поверхні.

З огляду літературних довідників видно що не застосовувалися інноваційні технології з використанням ежекційних доводжувачів та додаткової фільтрації в приміщеннях капронового корду .

# 1. ІСНУЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА КАПРОНОВОГО КОРДУ

## 1.1. Властивості продуктів та його технологічні характеристики

14

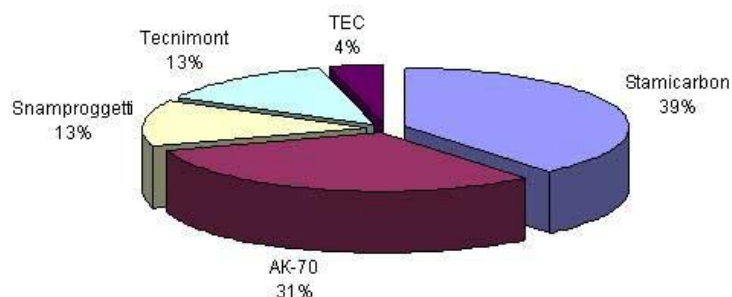


Рис. 2 Технології виробництва капронового корду

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 отриманої 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.

## **Розділ 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 воложливості 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.

## 1.2 Аналіз технологічних процесів карбаміду Одеського припотового заводу

Капронове волокно має біло-прозоре забарвлення і дуже міцне на розрив. При цьому міцність прозорих сортів вища, ніж білих чи жовтуватих. Еластичність капрону набагато вища, ніж у шовку.

Вихідна сировина для виготовлення капрону — похідні амінокислот. Капрон можна розглядати як продукт внутрішньомолекулярних взаємодій карбоксильної групи і аміногрупи молекули б-аміногексанової кислоти.

Спрощено перетворення капролактаму в полімер, з якого виробляють капронове волокно, можна подати так: капролактаму у присутності води перетворюється на б-аміногексанову кислоту, молекули якої реагують один з одним. В результаті цієї реакції утворюється високомолекулярна речовина, молекули якої мають лінійну структуру. Окремі ланки полімеру є залишками б-аміногексанової кислоти. У СРСР Римашевським Ю. А., Кнунянц І. Л. і Роговін З. А. у 1942 році показали можливість полімеризації ε-капролактаму в лінійний полімер і здійснили (у 1947 році) серію робіт з синтезу волокнотвірних поліамідів, у ході яких вивчили умови бекмановського перегрупування оксимів циклогексану в капролактаму, визначили оптимальні умови полімеризації лактамів і очищення поліаміду від мономера. Перше виробництво полікапролактама в СРСР було запущено в 1948 році.

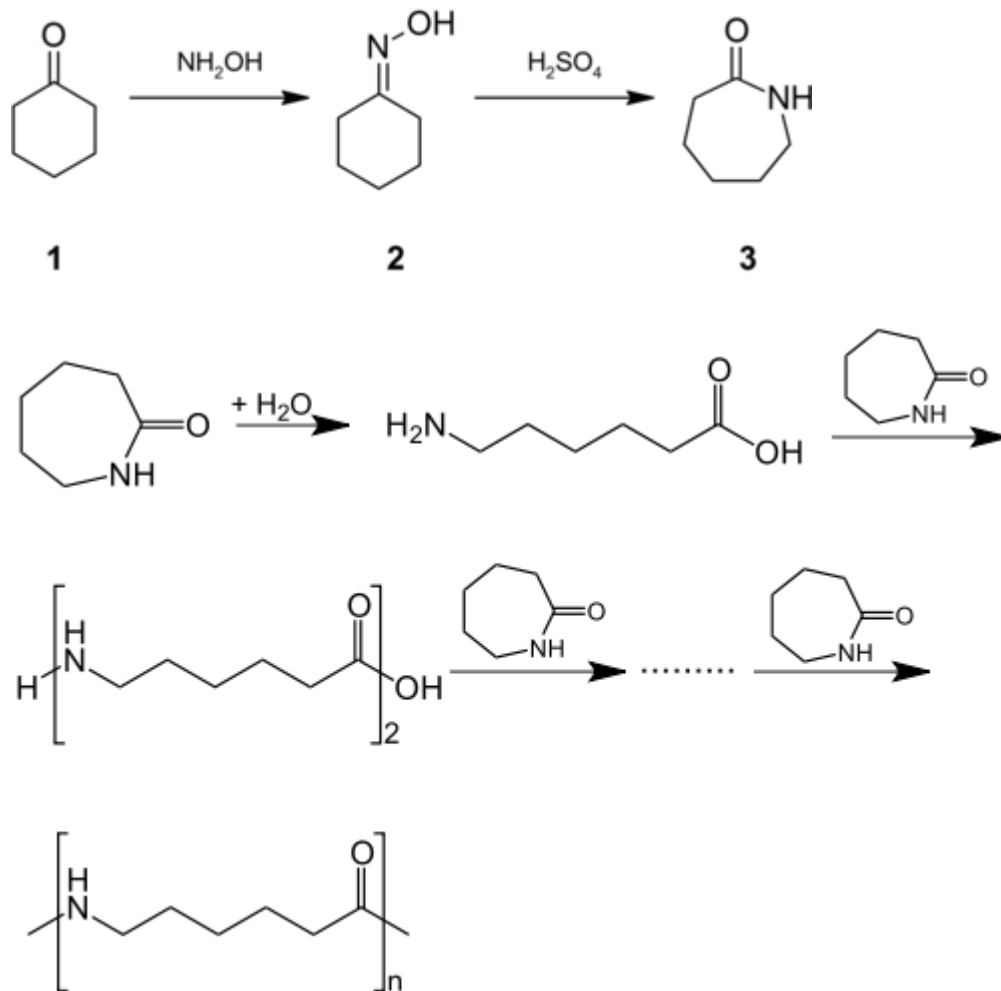


Рис2 . Хімічна формула капрону

Сам по собі полімер капрону — це смола. Для отримання волокон її чистять, пропускають через фільтри.

Фільтри для виробництва хімічних волокон виготовляється з тугоплавких металів — платини, нержавіючої сталі та ін — у формі циліндричного ковпачка або диска з тонкими отворами.[1] Через ці отвори продавлюють розплавлену масу і отримують нитки.[1]

Фільтри високопродуктивних ливарних автоматів для масового виробництва свинцевих плombs і цинкових ронделів виготовляють з бронзи (переважно олов'янистої).[2]

Фільери використовуються при виготовленні порошкового дроту, який виробляють з тонкої сталевий стрічки шляхом згортання її в трубку і протягування через калібрований отвір-фільери.[3]

Фільера також є формуючим елементом плівково-полімерного екструдера, екструдера харчових продуктів. Струмки полімеру охолоджуються потоком холодного повітря і перетворюються на волоконця, при скручуванні яких утворюються нитки. Після цього капрон піддається додатковій хімічній обробці. Міцність капрону залежить від технології і старанності виробництва. Остаточний вироблений капрон — біло-прозорий і дуже міцний матеріал. Капронова нитка діаметром 1 міліметра витримує 0,55 кілограмів.

Вироби з капрону, і в поєднанні з капроном, стали вже звичними в нашому побуті. З капронових ниток шують одяг, який коштує набагато дешевше, ніж одяг з натуральних природних матеріалів. З капрону роблять рибальські сітки, волосінь, фільтрувальні матеріали, кордну тканину. З кордної тканини роблять каркаси авто-і авіапокришок. Шини з кордом з капрону більш зносостійкі, ніж шини з віскозним та бавовняним кордом. Капронова смола використовується для отримання пластмас, з яких виготовляють різні деталі машин, шестерні, вкладиші для підшипників і т. ін,



Рис2. Цех капронового корду

паковка нитки на циліндричному патроні вагою: 1,5 кг; 1 кг; 0,400 кг;  
0,200 кг

Поліамідні (капронові) нитки використовуються:



Гумотехнічні вироби;  
спеціальних, текстильно-  
галантерейних виробках;  
рибної та текстильної промисловості;  
у виробництві вузлових і безвузлових  
діл, сетеполотен;  
у виробництві шнурів, фалів, веревок

та канатів;

у погонних та бинтувальних стрічках;

спеціальних, технічних, кордних, тарних тканин та пакувальних  
матеріалах;

у поліграфії;

Рис2. Цех капронового корду

у побутових цілях та технічних виробках.

#### **Вимоги безпеки:**

Нитка капронова не токсична, не має шкідливого впливу на організм людини, не гідролізується, не окислюється, не пліснявіє, під впливом сонячного світла не виділяє шкідливих речовин.

Може викликати слабку алергенну дію на шкіру та слизові оболонки очей (за маслявальною).

Нитка не пожежонебезпечна:

температура плавлення 215°C;

температура розм'якшення 170°C;

температура самозаймання 440°C.

3. Відходи поліамідних ниток направляються для переробки та використання у народному господарстві або піддаються регенерації на підприємствах хімволокна.

Нитки повинні зберігатися в умовах, що забезпечують цілісність упаковки, у закритих, сухих та періодично провітрюваних складських приміщеннях, у ящиках або мішках штабелями, не більше 3 м заввишки для ящиків, не більше 2м заввишки для мішків.

Транспортування капронових ниток можливе всіма видами транспорту в критих транспортних засобах або в універсальних контейнерах відповідно до правил перевезення вантажів, що діють на даному виді транспорту.

Залізничний транспорт у критих вагонах.

Нитка випускається: крученою, блискучою, нефарбованою, термостабілізованою, світлостабілізованою, світлотермостабілізованою.

Нитка на пакування упаковується в картонний гофрований короб, шкірна одиниця продукції упаковується у вологонепроникну стрейч-плівку.

Нитки з поліамідних волокон характеризуються високою міцністю при розтягуванні, відмінною стійкістю до стирання та ударних навантажень. Поліамідні нитки стійкі до дії багатьох хімічних реагентів, добре протистояти біохімічним впливам, забарвлюються багатьма барвниками.

Кручення дозволяє багатофіламентної (що складається з безлічі волоконцець) нитки тримати структуру загальної нитки й у її використанні довго втрачати своїх властивостей з допомогою фіксування їх між собою.

Має високе розривне навантаження та подовження, хорошу опірність до стирання, стійкість до багаторазового вигину. В основному напрацьовується нитка білого кольору (сувора нитка)

### **1.3 Основні технічні рішення для виробництва корду**

Переважає більшість неорганічних і органічних матеріалів, речовин і компонентів має ту або іншу міру гігроскопічності, тобто мають властивість поглинати(сорбувати) водяні пари з повітря. Для усіх пористих

матеріалів існує певна залежність між кількістю поглиненої ними вологи(так званою гігроскопічною вологістю) і відносною вологістю навколишнього повітря. Максимальна гігроскопічна вологість матеріалів відповідає максимальною 100 % - в'їй вологості повітря.

Небажане підвищення гігроскопічної вологості матеріалів привести до:

- збільшенню ваги і(чи) об'єму(зміні щільності);
- зміні електричної провідності;
- зміні теплопередачі і тепловіддачі;
- протіканню хімічних реакцій;
- зміні якості продукту;
- зміні ефективності процесу;
- зміні в'язкості рідин;
- зміні межі міцності на розрив;
- зміні пружності і пластичності;
- зміні умов зростання бактерій і мікроорганізмів.

Вплив надмірно вологого повітря небезпечно не лише для гігроскопічних матеріалів. Матеріали з нікчемно малою гігроскопічністю також схильні до дії водяної пари вологого повітря, яке спочатку проявляється в поверхневих шарах. Слід виділити окремі, часто такі, що зустрічаються випадки і наслідки надмірного підвищення вологості повітря :

1. При високій вологості повітря погіршується якість опору електроізоляційних матеріалів, в т.ч. самого повітря як електроізолятора. Це призводить до неконтрольованих відмов, які можуть перейти у великі аварії і катастрофи, передусім із-за коротких замикань.

2. При відносній вологості вище 70 створюються сприятливі умови для швидкого зростання плісняви, спори якої є присутніми скрізь. При менших значеннях вологості зростання плісняви повністю припиняється.

3. Надмірна гігроскопічна вологість продуктів погіршує їх якість і призводить до псування, в т.ч. з причин: прискореного бактеріологічного зростання, зміни

хімічного складу при реакціях з водяною парою, злежування і грудкує порошкоподібних і сипких продуктів та ін.

4. Метали, що практично не мають гігроскопічності, на повітрі схильні до корозії, інтенсивність якої залежить також і від вологості повітря. Низька вологість гарантує низьку інтенсивність корозії. У заліза корозія практично відсутня при відносній вологості до 40-45. Незначна корозія заліза починається при підвищенні відносної вологості від 40-45 про 60-70 так званого "критичного" значення вологості).

Вище за це значення швидкість зволоження капронового крду збільшується(по логарифмічній залежності), і відбувається швидке зіпсування продукції .

. Ще одно прояв високої вологості повітря спостерігається при охолодженні насиченого вологою повітря(100 Н). Повітря тоді стає пересиченим вологою, і вона починає виділятися з нього у вигляді туману або роси. За рахунок утвореної різниці парціальних тисків атмосферної вологи і насиченої пари відбувається конденсація пари на поверхнях, температура яких нижча точки роси повітря, що призводить до їх намокання або утворення інею. Тоді вище перелічені наслідки настають значно раніше і проявляються більше інтенсивно.

Можна виділити дві конкретні причини випадання конденсату, з якими найчастіше доводиться стикатися.

По-перше, це холодні поверхні устаткування, низька температура яких обумовлена технологічними процесами. Наприклад, всілякі трубопроводи, місткості і тому подібне(на харчових підприємствах, насосних станціях, хімічній промисловості та ін.). Оптимальним методом відвертання випадання конденсату є правильний підбір теплоізоляції. Але цей шлях не завжди прийнятний і виправданий. Коли це неможливо, слід осушувати повітря до стану, щоб точка роси була нижча температури найхолоднішої поверхні.

По-друге, випадання конденсату пов'язане з добовою зміною температур атмосферного повітря, яке є найрізкіше вираженим в умовах континентального клімату. Масивні металеві частини конструкцій і устаткування вихолоджуються вночі і, завдяки значній теплоємності, залишаються переохолодженими в уранішні і, частково, денний годинник. Атмосферне повітря, будучи середовищем значно більше лабільним, в уранішні години порівняно швидко збільшує своє тепло і вологовміст.

За рахунок цього його точка роси за певних умов перевищує температуру металевих поверхонь, внаслідок чого відбувається процес конденсації надмірної вологи. Волога, що конденсується на зовнішніх поверхнях, під дією рухливості атмосферного повітря(асиміляція) більш менш швидко випаровується.

Значно небезпечнішою є конденсація вологи на внутрішніх поверхнях устаткування в різного роду прихованих каналах і порожнинах, оскільки завдяки високій теплопровідності металів на внутрішніх поверхнях температура мало відрізняється від зовнішніх. При цьому в застійних внутрішніх порожнинах і каналах конденсована волога випаровується мало і поступово кожен добу тільки накопичується.

## 2. 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<sup>0</sup>

Розрахункові літні параметри повітря категорії Б:

### 2.2. Визначення економічно доцільної товщини шару теплоізоляції

Для підтримання заданої температури в камері холодильника необхідно, щоб всі теплоприпливи відводилися камерним обладнанням. При підборі відповідного холодильного обладнання, перш за все, необхідно враховувати теплоприпливи через захисні конструкції камери зберігання. Ці теплоприпливи є змінними в часі, що зв'язане з добовими, сезонними або іншими коливаннями температури зовнішнього повітря.

Теплове навантаження на холодильну установку є найбільшою або в самий жаркий літній період року, або під час найбільшого експлуатаційного навантаження (наприклад, в період охолодження плодоовочевої продукції).

В інженерній практиці проектування холодильників, як правило, користуються методикою теплового розрахунку огорожень, за якою всі теплоприпливи вважаються постійними в часі і приходяться на літній період року [2,3].

Процес передачі тепла через огороження, всі параметри якого залишаються незмінними в часі, називається стаціонарним і є найбільш простим випадком теплопередачі. До стаціонарної теплопередачі звичайно прагнуть привести важливі для проектування огорожень і систем розрахункові умови. В цьому випадку розрахунок теплопередачі зводиться до розгляду порівняно простих стаціонарних температурних полів і теплових режимів конструкцій.

Найпростішим є одновимірне стаціонарне температурне поле, яке для багат шарового огороження може бути визначене диференціальним рівнянням [ТМО]:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[ \lambda(x) \frac{\partial t}{\partial x} \right] = 0, \quad (2.1)$$

де  $\lambda(x)$  – коефіцієнт теплопровідності матеріальних шарів огороження, Вт/(м·К).

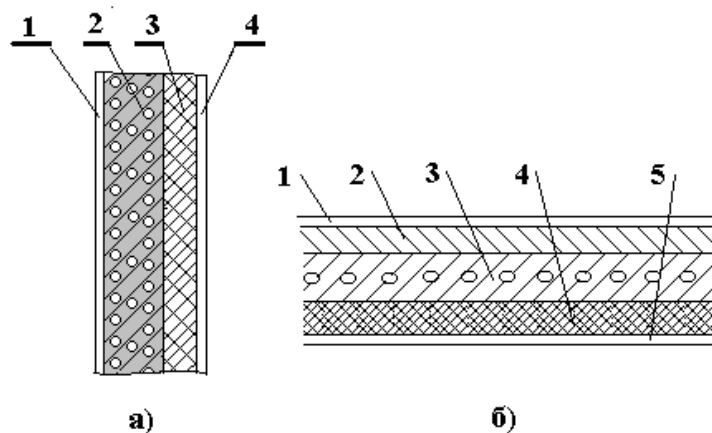


Рис. 3. Конструкція стін і покриття  
 а) стіна: 1 – штукатурка; 2 – панель залізобетонна; 3 – ізоляція; 4 – лист сталевий оцинкований.  
 б) покриття: 1 – 3 шару гідроізоля; 2 – бетонна стяжка; 3 – плита залізобетонна; 4 – ізоляція; 5 - лист сталевий оцинкований.

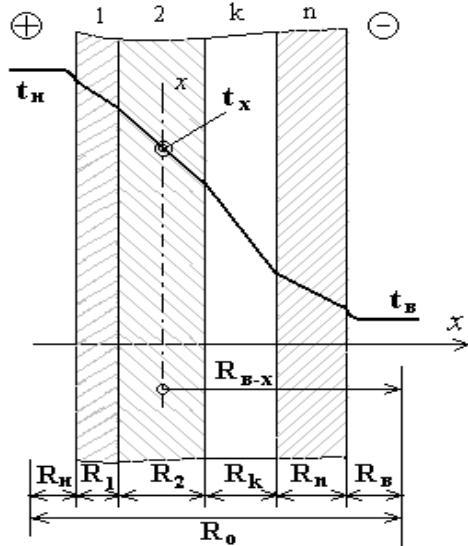
Конструкції сучасних багат шарових огорожень характеризуються розподіленням функцій між окремими матеріальними шарами (рис. 2.1). В загальному випадку захист складається з конструктивного (основного) шару, теплоізоляційного шару, а також паро- або гідроізоляційного шару, внутрішнього і зовнішнього фактурних шарів. У відношенні режиму теплопередачі основними є конструктивний і теплоізоляційний шари. Конструктивним звичайно є шар з матеріалу високої густини, а тому із значною теплопровідністю і погано проникний для водяної пари і повітря.

Одновимірне температурне поле огороження може бути розраховане достатньо просто [ТМО]. Теплозахистні властивості багат шарового огороження визначаються опором  $R_0$ , який дорівнює сумі опорів

теплопровідності окремих матеріальних шарів  $R_i$  і опорів теплообміну на внутрішній  $R_B$  і зовнішній  $R_3$  поверхнях:

$$R_0 = R_B + \sum R_i + R_3, \quad (2.2)$$

де  $R_B = 1 / \alpha_B$ ,  $R_3 = 1 / \alpha_3$ ,  $R_i = \delta_i / \lambda_i$



Розподіл температури в огороженні (рис. 4.3) визначається за формулою [189]:

$$t_x = t_B - \frac{R_{B-x}}{R_0} (t_B - t_3) \quad (2.3)$$

де  $t_x$  – температура в довільному перетині  $x$  огороження;

$R_{B-x}$  – опір теплопередачі від внутрішнього середовища до перетину  $x$ .

Рис. 4 Одновимірне температурне поле багат шарового огороження

$t_B$  і  $t_3$  - температура внутрішнього і зовнішнього середовища.

З формули (4.3) витікає, що перепади температур у перетині огороження пропорційні відповідним термічним опорам.

Економічно-доцільний термічний опір теплоізоляційного шару  $R_{i3}^{ек}$ ,  $(m^2 \cdot ^\circ C) / W$ , багат шарової захисної конструкції слід заздалегідь визначати за формулою [2]

$$R_{i3}^{ек} = \sqrt{\frac{n_{i3} (t_3 - t_B) z_3 m C_T I_T}{\lambda_{i3} C_{i3} E_{н.п}}} \quad (2.4)$$

де  $n_{i3}$  — коефіцієнт, що враховує відношення термічного опору ізоляції багат шарової захисної конструкції (або однорідної конструкції) до опору теплопередачі,  $n_{i3} = 0.85$ ;

$t_B$  — температура внутрішнього повітря, °С;

$t_3$  — найвища середня температура зовнішнього повітря за літній період (липень), °С;

$z_3$  — тривалість найвищої температури за розглядуваний літній період зберігання (охолодження) плодоовочевої продукції;

$m$  — коефіцієнт, який враховує додаткові втрати тепла на інфільтрацію зовнішнього повітря і який приймається рівним 1,05;

$C_T$  — вартість виробництва холоду, грн / Дж;

$l_T$  — коефіцієнт, який враховує зміну вартості виробництва холоду на перспективу (для плодоовочесховищ з урахуванням умов експлуатації, термінів служби  $l_T = 1.1$ );

$\lambda_{i3}$  - розрахунковий коефіцієнт теплопровідності матеріалу термоізоляційного шару багатошарової захисної конструкції, Вт / (м·К);

$C_{i3}$  — вартість матеріалу термоізоляційного шару багатошарової захисної конструкції, грн/м<sup>3</sup>;

$E_{н.п}$  — норматив для приведення різночасних витрат, 1/грн.

Економічно-доцільний опір теплопередачі  $R_{o,ек}^{ек}$ , (м<sup>2</sup>·К) / Вт,

багатошарової

захисної заздалегідь визначається за формулою

$$R_0^{ек} = \frac{1}{\alpha_B} + \frac{1}{\alpha_3} + \sum R_{к.с} , \quad (2.5)$$

де  $R_{i3}^{ек} = \frac{\delta_{i3}}{\lambda_{i3}}$  ,

$R_{i3}^{ек}$  — економічно-доцільний термічний опір термоізоляції (м<sup>2</sup>·К)/ Вт ;

$\alpha_B$  ,  $\alpha_3$  - коефіцієнти тепловіддачі відповідно для внутрішньої і зовнішньої поверхонь огороження , Вт / (м<sup>2</sup>·К);

$\Sigma R_{к.с.}$  — сума термічних опорів конструктивних шарів,  $(\text{м}^2 \cdot \text{К}) / \text{Вт}$ , багат шарової захисної конструкції.

Товщина теплоізоляційного шару багат шарової теплозахисної конструкції  $\delta_{із}$ , м, а також товщина однорідної (одно шарової) конструкції попередньо визначається за формулою

$$\delta_{із} = R_{із}^{ек} \lambda_{із} \quad (2.6)$$

Економічно-доцільний опір теплопередачі  $R_{о}^{ек}$ ,  $(\text{м}^2 \cdot \text{К}) / \text{Вт}$ , захисної конструкції слід приймати, виходячи з умови забезпечення найменших зведених витрат  $\Pi$ , грн /  $\text{м}^2$ , який визначається за формулою

$$\Pi = C_{д} + \frac{(t_{з} - t_{в}) \cdot Z_{з} \cdot m \cdot C_{Т} \cdot l_{Т}}{R_{о}^{ек} E_{н.п}}, \quad (2.7)$$

де  $C_{д}$  – одноразові витрати (собівартість будівельно-монтажних робіт, грн/ $\text{м}^2$ ). При визначенні приведених витрат по формулі (4.7) допускається одноразові витрати  $C_{д}$  визначати без врахування накладних витрат і планових накопичень. При розробці типових проектів  $C_{д}$  слід визначати для умов, встановлених чинними інструкціями для визначення кошторисної вартості будівництва і типових проектів.

Розглянемо розрахунок економічно-доцільної товщини ізоляції багат шарової теплозахисної конструкції з точки зору найменших приведених витрат (4.7). Для цього визначимо явну залежність зведених витрат від товщини шару ізоляції  $\Pi = \Pi (\delta_{із})$ .

Передусім, одноразові витрати  $C_{д}$  є лінійною функцією товщини термоізоляції

$$C_{д} = C_{о} + C_{із} \delta_{із} \quad (2.8)$$

тут  $C_{о}$  - постійні одноразові витрати, які не залежать від вартості термоізоляції, грн /  $\text{м}^2$ ;

$C_{із}$  – вартість теплової ізоляції, грн /  $\text{м}^3$ .

З іншого боку, опір теплопередачі багат шарового огороження з теплоізоляцією визначається за формулою (4.5).

$$\text{Позначимо} \quad R_S = \frac{1}{\alpha_B} + \frac{1}{\alpha_3} + \sum R_{K.C} , \quad (2.9)$$

тоді

$$R_o^{ек} = R_S + \frac{\delta_{i3}}{\lambda_{i3}} \quad (2.10)$$

В результаті, зведені витрати визначаються наступною залежністю

$$\Pi = \Pi(\delta_{i3}) = C_D = C_o + C_{i3} \delta_{i3} + \frac{S \lambda_{i3}}{R_S \cdot \lambda_{i3} + \delta_{i3}} , \quad (2.11)$$

$$\text{де величина} \quad S = \frac{(t_3 - t_B) Z_H m C_T l_T}{E_{н.п}}$$

З умови мінімальності зведених витрат  $\frac{\partial \Pi}{\partial \delta_{i3}} = 0$  знаходимо

$$\delta_{i3}^{ек} = \sqrt{\frac{S \cdot \lambda_{i3}}{C_{i3}}} - R_S \cdot \lambda_{i3} . \quad (2.12)$$

Основним джерелом збурення технологічних (оптимальних) режимів зберігання є теплоприпливи через огороження. Тому огорожуючі конструкції, із шарами теплоізоляції необхідно включити до складу охолоджувальної системи, щоб розрахувати економічно-доцільну товщину теплоізоляції з урахуванням системи повітророзподілення в камері зберігання.

### Початкові дані:

$t_n=28,6^{\circ}\text{C}$ ,  $h_n=62$  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);

$k$  - коефіцієнт теплопередачі, приймаємо  $k_{cm} = 0,4$  згідно ДБН В 2.6-31:2016

Враховуючи розроблене отримуємо економічну-доцільну товщину ізоляції.

**Товщина шару ізоляції стіни**

$$\delta_{oc} = \lambda_{oc} \left[ \frac{1}{k} - \left( \frac{1}{\alpha} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{ai}} \right) \right] = 0,0047 \cdot \left[ \frac{1}{0,4} - \left( \frac{1}{23} + \frac{1}{7} + \frac{0,01}{2,04} + \frac{0,25 \cdot 2}{0,7} \right) \right] = 0,00146 \text{ м} \quad (2.13)$$

,приймаємо 0,2м.

де  $\alpha_{вн} = 7$  Вт/(м<sup>2</sup>К) - коефіцієнт тепловіддачі від внутрішньої поверхні стіни до повітря в приміщенні;

$\delta_i$  и  $\lambda_i$  - товщина и теплопровідність 1-го шару огороження;

$\alpha_{н} = 23$  Вт/(м<sup>2</sup>К) - коефіцієнт тепловіддачі з наружної поверхні стіни.

Кровля плоска, виконана із наступних матеріалів:

залізобетонна плита  $\delta = 170$  мм;  $\lambda = 2,04$  Вт/(м · К);

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

цементно-піщаний шар  $\delta = 25$  мм;  $\lambda = 0,9$  Вт/(м · К);

металочерепиця  $\delta = 0,4$  мм.

Приймаємо  $k_{кр} = 0,3$  Вт/(м<sup>2</sup>·К).

$$\delta_{ec} = \lambda_{ec} \left[ \frac{1}{k} - \left( \frac{1}{\alpha} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{ai}} \right) \right] = 0,0037 \cdot \left[ \frac{1}{0,3} - \left( \frac{1}{23} + \frac{1}{7} + \frac{0,002}{0,93} + \frac{0,5}{7} \right) \right] = 0,0015 \text{ м} \quad (2.2)$$

Опір Обираємо коефіцієнт теплозасвоєння матеріалів  $S$  із ДБН-2016  
Потім розраховуємо опір  $R$ , теплову інерцію шару огороження  $D$ , теплову інерцію огороження  $\Sigma D$  за формулами наведеними нижче:

$$R = \frac{\delta}{\lambda}, \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} \quad (2.14)$$

де  $\delta$  - товщина шару огороження;

$\lambda$  - теплопровідність матеріалу шару.

$$D = R \cdot S \quad (2.15)$$

Результати розрахунку зводимо до таблиці 2.1.

Конструкція та матеріал	Щільність, $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Товщина, $\delta$ , м	Коефіцієнти			
			Питома теплопровідність, $\lambda$ , Вт/(мК)	Теплозасвоєння, $S$ , Вт/(м <sup>2</sup> К)	Термічний опір, $R$ , (м <sup>2</sup> К/Вт)	Теплова інерція, $D$
Металевопластикові вікна					0,36	0,9
Зовнішня стіна						
штукатурка	1600	0,025	0,7	8,69	0,035	0,304
Пенополіуретан	100	0,02	0,047	9,2	2,7	21,84
залізобетон	400	0,15	2,04	17,98	0,073	1,31
штукатурка	1600	0,025	0,7	8,69	0,035	0,304
Безгоришне покриття						
металочерепиця	800	0,45	27	45	0,001	0,045
цементно-пісчаний шар	1800	0,02	0,93	8,69	0,021	0,18
Пенополіуретан	80	0,12	0,05	9,2	2,7	24,84

Отже, у цьому розділі розраховано коефіцієнт теплопередачі стіни і перекриття з врахуванням всіх їхніх шарів.

### 3. ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНОК ПРОЦЕСІВ ТЕПЛОВОЛОГІСНОЇ ОБРОБКИ В ПРИМІЩЕННЯХ КАПРОВОГО КОРДУ

#### 3.1 Вибір розрахункових параметрів внутрішнього та зовнішнього повітря

Розрахункові літні параметри повітря категорії Б : [1]

барометричний тиск -  $P = 970$  мм. рт. стовпа;

ентальпія зовнішнього повітря -  $h = 62$  кДж/кг;

температура зовнішнього повітря -  $t = 31,2$  °С;

розрахункова швидкість руху повітря -  $1,0$  м/с.

Розрахункові зимові параметри зовнішнього повітря.

Керуючись нормами проектування, приймаємо такі значення температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в приміщенні :

температура повітря у приміщенні влітку -  $t_{п} = 22$ °С;

температура повітря у приміщенні взимку -  $t_{п} = 21$ °С;

відносна вологість повітря у приміщенні влітку -  $\varphi_{п} = 60\%$ ;

відносна вологість повітря у приміщенні взимку -  $\varphi_{п} = 50\%$ ;

амплітуда добових коливань температури  $\Delta t = 10,7$ °С.

#### 3.2 Розрахунок надходження теплоти в приміщення

Теплове навантаження приміщення складається з надходження теплоти через огороження  $Q_{огр.}$ , з інфільтрацією  $Q_{інф}$  і витрати теплоти на технологічні потреби  $Q_{т.}$

$$Q = Q_{огр.} + Q_{інф} + Q_{т.}, \text{ Вт}, \quad (3.1)$$

Теплота в приміщення може надходити через: зовнішні непрозорі огороження  $Q_{огр.}$ , внутрішні огороження  $Q_{в.}$ , світлові прорізи, за рахунок сонячної радіації  $Q_{р.}$ , від виробничого устаткування і технологічних процесів  $Q_{т.}$ , з інфільтраційним повітрям  $Q_{інф.}$ , від штучного освітлення  $Q_{ос.}$  людей [1]

Надходження тепла через зовнішні непрозорі огороження в контрольній роботі визначається за спрощеним інженерним методом [11] .

Теплоприпливи через зовнішні огороження визначаються рівнянням:

$$Q_{\text{огор}} = Q_{\text{кр}} + Q_{\text{н.ст}} + Q_{\text{в.}} + Q_{\text{ост}}, \text{ Вт}, \quad (3.2)$$

де

$Q_{\text{кр}}$  – кількість теплоти, що надходить крізь покрівлю, Вт;

$Q_{\text{н.ст}}$  - кількість теплоти, що надходить крізь тримальні конструкції, Вт;

$Q_{\text{в}}$  - кількість теплоти, що надходить крізь внутрішні огороження, Вт;

$Q_{\text{ост}}$  - кількість теплоти, що надходить крізь засклені поверхні (вікна),

Вт.

### **3.3. Розрахунок теплоприпливів через огороження за спрощеним інженерним методом**

#### **3.3.1. Розрахунок теплоприпливів через зовнішні масивні огороження**

Теплоприпливи через покрівлю визначають за формулою:

$$Q_{\text{кр}} = k_1 \cdot k_{\text{кр}} \cdot F_{\text{кр}} \cdot \theta_{\text{кр}}, \text{ Вт}, \quad (3.3)$$

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

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

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

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

Теплоприпливи через зовнішні огороження визначаємо за формулою:

$$Q_{\text{н.с}} = k_{\text{ст}} \cdot a \cdot (F_{\text{с}} + 0,5 \cdot F_3) \cdot \theta_{\text{ст}}, \text{ Вт}, \quad (3.4)$$

де

$k_{ст}$ - коефіцієнт теплопередачі зовнішньої стіни,  $[Вт/(м^2 \cdot К)]$ ;

$a = 0,7...0,9$ —коефіцієнт, що враховує затінення верхнього поверху стіни виступаючою покрівлею;

$F_c$  – площа зовнішніх стін, освітлюваних сонцем, крім північної,  $[м^2]$ ;

$F_3$  – площа затінених стін, включаючи північну,  $[м^2]$ ;

$\theta_{ст}$  - умовний температурний напір через стіну між зовнішнім повітрям і повітрям у приміщенні.  $\theta_{ст} = f(t_n, t_n - t_b, \Delta t_c, \text{м.огр.}, \text{колір.стін.})$ ,

### 3.3.2 Надходження теплоти через внутрішні огороження

Теплоприпливи через внутрішні перегородки і міжповерхові перекриття, що відокремлюють приміщення, які кондиціонують, від приміщень, які не кондиціонують, визначають за формулою:

$$Q_B = k_{B-CT} \cdot F_{B-CT} \cdot (t_{CM,П} - t_{П}), \text{ Вт}, \quad (3.5)$$

де

$k$ -коефіцієнт теплопередачі перегородок або перекриттів.

Температура в суміжних приміщеннях, які не кондиціонуються приймається:

а)  $t_{CM,П} = 0,5 \cdot (t_n + t_b)$ ,  $[°C]$ , - у суміжному приміщенні за малі збитки теплоти;

б)  $t_{CM,П} \approx t_n$ ,  $[°C]$ , - у суміжному приміщенні за малих явних теплоприпливів;

в)  $t_{CM,П} = t_n + \Delta t$ ,  $[°C]$ , - у суміжному приміщенні за великих явних теплоприпливів;

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

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

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

### 3.3.3 Надходження теплоти через засклені поверхні за рахунок сонячної радіації і теплопередачі

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

Теплоприпливи залежать від географічної широти, орієнтації будинку, часу року, розрахункової години. Теплоприпливи від сонячної радіації через засклені поверхні розраховують за формулою:

$$Q_{\text{ср}} = F \cdot [q_{\text{с}} \cdot k_{\text{п}} \cdot k_{\text{заб}} \cdot k_{\text{зат}} + k_{\text{о}} \cdot (t_{\text{з}} - t_{\text{в}})], \text{ Вт}, \quad (3.6)$$

де

$q_{\text{с}}$  - питомий тепловий потік внаслідок сонячної радіації (прямої та розсіяної) через чисте одинарне скло,  $[\text{Вт}/\text{м}^2]$ , визначається по таблиці 3.

$F$  – площа заскленої поверхні, що піддається прямій радіації,  $[\text{м}^2]$ ;

$k_{\text{п}}$ ,  $k_{\text{заб}}$ ,  $k_{\text{зат}}$  – коефіцієнти, що враховують, відповідно, вплив плетінь і конструкцій заскленої поверхні [16], можливість забруднення,  $k_{\text{заб}} = 0.75$ , затінення шторами, маркізами і т.д.

### 3.4 Розрахунок вологовиділень від різних джерел

Вологовиділення від людей

$$W_{\text{л}} = n \cdot w_{\text{л}}, \text{ кг/с} \quad (3.7)$$

де  $n$  – кількість людей у приміщенні;

$w_{\text{л}}$  – вологовиділення від однієї людини,  $\text{г/с}$ .

$$W_{\text{л}} = 24 \cdot 0,047 = 1,064 \cdot 10^{-3} \text{ кг/с}$$

$$Q_{л}^{явн} = Q_{л} - Q_{л}^{скр}, \text{ Вт}, \quad (3.8)$$

$$Q_{л1}^{явн} = 27000 - 18000 = 9000 \text{ Вт}.$$

Теплопритоки від висвітлення, приймаємо  $20 \text{ Вт/м}^2$ .

$$Q_{осв} = 20 \cdot 1020,8 = 8360,1 \text{ Вт}.$$

Теплопритоки від обладнання

$$Q_{об} = K_{од} \cdot N \cdot \gamma \cdot K_{заг} \cdot 1000, \text{ Вт},$$

(3.9)

$$Q_{об} = 0,8 \cdot 2 \cdot 12 \cdot 0,85 \cdot 0,7 \cdot 1000 = 11424, \text{ Вт},$$

Визначаємо вологовиділення від вологого приборання

$$W_{вл.у.} = \sigma F_{п} (d''_{п} - d_{п}) \cdot 0,1, \text{ кг/с } \Phi \quad (3.10)$$

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

$$\sigma = \frac{\alpha}{c_p^B} = \frac{\alpha}{c_p^{с.в.} + c_p^n \cdot d_{сп}}, \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с}) \quad (3.11)$$

$$\sigma = \frac{7}{1000 + 0,14 \cdot (6,5 + 1,5)/2} = 0,0167 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$$

де  $c_p$  - ізобарна теплоємність,  $[\text{кДж}/\text{кг} \cdot \text{К}]$ ;

$d_{п}, d''_{п}$  - вологовміст повітря у приміщенні при заданій відносній вологості та на лінії насичення.

$$W_{вл.у.} = 0,015 \cdot 288 \cdot (6,5 - 1,5) \cdot 10^{-3} \cdot 0,1 = 2,16 \cdot 10^{-3} \text{ кг/с},$$

$$Q_{вл.у.}^{скр} = r \cdot W_{вл.у.}, \text{ (Вт)}, \quad (3.12)$$

де  $r$  - прихована теплота пароутворення.

$$r = r_0 - 2,3 \cdot t_w^M, (\text{кДж/кг}) \quad (3.11)$$

де  $t_w^M$  - температура повітря у приміщенні за мокрим термометром.

$$r = 2472,4 - 2,3 \cdot 20 = 2426,4 \text{ (кДж/кг)},$$

$$Q_{\text{вл.у.}}^{\text{скр}} = 2426,4 \cdot 10^3 \cdot 2,16 \cdot 10^{-3} = 5241 \text{ Вт.}$$

Визначаємо повне вологовиділення:

$$W_{\text{пол}} = W_{\text{л}} + W_{\text{вл.у.}}, \text{ кг/с} \quad (3.13)$$

$$W_{\text{пол}} = 0,564 \cdot 10^{-3} + 2,16 \cdot 10^{-3} = 2,72 \cdot 10^{-3} \text{ кг/с}$$

Визначаємо тепловологісну характеристику

$$\varepsilon = \frac{Q_{\text{пол}}}{W_{\text{пол}}}, \text{ кДж/кг} \quad (3.14)$$

$$\varepsilon = \frac{24565}{9,34 \cdot 10^{-3}} = 26297 \text{ кДж/кг}$$

Визначаємо звичайну приховану теплоту:

$$Q_{\text{скр}} = Q_{\text{скр}}^{\text{л}} + Q_{\text{скр}}^{\text{вл.у.}}, \quad (3.15)$$

$$Q_{\text{скр}} = 2335 \text{ Вт}$$

Визначаємо загальну явну теплоту

$$Q_{\text{явн}} = Q_{\text{пол}} - Q_{\text{скр}} \quad (3.16)$$

$$Q_{\text{явн}} = 26297 - 2335 = 22229 \text{ Вт}$$

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

$$G_1 = \frac{Q_{\text{пол}}}{h_{\text{в}} - h_{\text{п}}}, \text{ кг/с} \quad (3.7)$$

$$G_1 = \frac{26,297}{34 - 27} = 3,7 \text{ кг/с,}$$

$$G_2 = \frac{W_{пол}}{d_g - d_n}, \text{ кг/с} \quad (3.18)$$

$$G_2 = \frac{2,94 \cdot 10^{-3}}{(7 - 5,5)10^{-3}} = 1,96 \text{ кг/с}$$

$$c_p = 1,006 + 1,8d, \text{ кДж} \quad (3.19)$$

$$c_p = 1,006 + 1,8 \cdot 7 \cdot 10^{-3} = 1,012 \text{ кДж}$$

$$G_3 = \frac{Q_{явл}}{c_p \Delta t_p}, \text{ кг/с} \quad (3.20)$$

$$G_3 = \frac{22,229}{1,012 \cdot 5} = 4,39 \text{ кг/с.}$$

Обираємо  $G = 4,39 \text{ кг/с.}$

Результати розрахунку решти приміщень зведені до таблиці 3.1

Таблиця 3.1 - Підсумки розрахунків теплоприпливів

Приміщення	Сумарний Тепло- приток (літо) $Q_{пол}, \text{кВт}$	Суммарні Вологови ділення (літо) $W_{пол}, \text{кг/с}$	Суммарні й тепло- приток (зима) $Q_{пол}, \text{кВт}$	Суммарні Вологовиді лення (зима) $W_{пол}, \text{кг/с}$	Тепло- вол. Хар-ка $\varepsilon, \text{кДж/}$ кг	Масова Витрата Воздуха $G, \text{кг/с}$
Цех	24,25	$9.34 \cdot 10^{-4}$	4,45	$9.34 \cdot 10^{-4}$	$\varepsilon_x + \varepsilon_m$ 26 290	4.41

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

Будуємо процес обробки повітря для прямоточно СКП для теплої пори року.

Знаходимо на діаграмі точки Н та В, що відповідають стану зовнішнього та внутрішнього повітря. Після цього проводимо крізь точку В луч процесу за допомогою визначеної раніше величини тепловологісної характеристики процесу. Для визначення точки П, що характеризує стан припливного повітря, відкладаємо від точки В по лучу процесу  $\Delta t_{\text{роб}} = 5 \text{ }^\circ\text{C}$ . Точка П' характеризує стан припливного повітря на виході з другого нагрівача та знаходиться на  $1^\circ\text{C}$  нижче від точки П по лінії  $d=\text{const}$ . Для визначення положення точки К, яка відображує стан повітря на виході з камери зрошування опускаємося вниз із точки П по лінії  $d=\text{const}$  до перетину з лінією відносної вологості  $\phi=90\%$  (відрізок КП' характеризує підігрів повітря у другому нагрівачі). Точка В' характеризує стан повітря, що виходить із приміщення, та знаходиться на  $1\text{K}$  вище по лучу процесу від точки В.

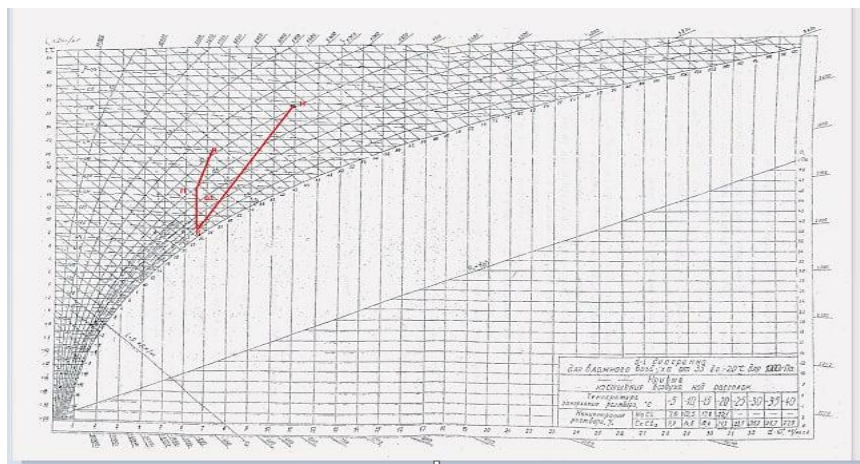


Рис. 5 d,h-діаграмі прямих та компенсуючих процесів обробки повітря в літній період.

### 3.6 Розрахунок тепловиділень у залі взимку

Зовнішня температура повітря  $t_n = -20^\circ\text{C}$  [3];

Ентальпія зовнішнього повітря  $h_n = -18,9$  кДж/кг [3].

$$G_x = G_T, \text{ кг/с} \quad (3.21)$$

$$G_x = 4.41 \text{ кг/с}$$

Розрахунок тепловиділень від огорожуючих конструкцій

$$Q_{огр} = Q_{ст} + Q_{ок} + Q_{пер}, \text{ Вт} \quad (3.22)$$

$$Q_{ст} = k_{ст} F (t_n - t_b), \text{ Вт} \quad (3.23)$$

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

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

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

$$Q_{ст} = 0,34 \cdot 386 \cdot (-18 - 20) = -3805 \text{ Вт},$$

$$Q_{пер} = k_{пер} F_{пер} (t_{нк} - t_b), \text{ Вт} \quad (3.24)$$

де  $F_{пер}$  – площа перегородки,  $\text{м}^2$

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

$t_{нк} - t_b$  – різниця температур повітря між коридором та приміщенням,  $^\circ\text{C}$ .

$$Q_{пер} = 2.4 \cdot 128 \cdot (-8 - 20) = -4300 \text{ Вт}$$

$$Q_{ок} = F_{ок} \cdot k_{ок} (t_n - t_b), \text{ Вт}, \quad (3.25)$$

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

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

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

$$Q_{ок} = 6 \cdot 1,2 \cdot (-20 - 20) = -288 \text{ Вт},$$

$$Q_{огр} = -622,8 - 768 - 470,92 = -1861,72 \text{ Вт}.$$

$$Q_{ст} = k_{кр} F(t_n - t_e), \text{ Вт} \quad (3.26)$$

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

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

$t_n - t_e$  – різниця температур зовнішнього повітря та повітря у приміщенні,  $^{\circ}\text{C}$ .

$$Q_{ст} = 1.2 \cdot 288 \cdot (-18 - 20) = -13824 \text{ Вт},$$

Розрахунок вологовиділень від різних джерел

Тепловиділення від людей.

$$Q_{л}^3 = Q_{л}^l, \text{ Вт} \quad (3.27)$$

$$Q_{л}^3 = 1843 \text{ Вт}.$$

Тепловиділення від обладнання.

$$Q_{л}^3 = Q_{л}^l, \text{ Вт} \quad (3.28)$$

$$Q_{л}^3 = 11424 \text{ Вт}.$$

Тепловиділення від освітлення

$$Q_{осв}^3 = Q_{осв}^l + Q_{осв}^{местное}, \text{ кВт} \quad (3.29)$$

$$Q_{осв}^3 = 2888 \text{ кВт}.$$

Повний теплоприплив

$$Q_{пол} = Q_{л} + Q_{осв} + 0,4Q_{огр}, \text{ Вт} \quad (3.30)$$

$$Q_{пол} = 7300 \text{ Вт}$$

Повний вологоприплив

$$W_{пол}^3 = W_{пол}^l, \text{ кг/с} \quad (3.31)$$

$$W_{пол}^3 = 0,94 \cdot 10^{-3} \text{ кг/с},$$

$$\Delta h_p = \frac{Q_{пол}^3}{G}, \text{ кДж/кг} \quad (3.32)$$

$$\Delta h_p = \frac{7,38}{4,41} = 1.67 \text{ кДж/кг},$$

Визначаємо тепловологісну характеристику

$$\varepsilon = \frac{Q_{\text{пол}}^3}{W_{\text{пол}}}, \text{ кДж/кг} \quad (3.33)$$

$$\varepsilon = \frac{7.38}{9,34 \cdot 10^{-4}} = 7813 \text{ кДж/кг}$$

Розрахунок решти приміщень зведено до таблиці 3.3.

Приміщення	Суммарний теплоприток (зима) $Q_{\text{пол}}, \text{кВт}$	Суммарні Вологовиділення (зима) $W_{\text{пол}}, \text{кг/с}$	Тепло-вол. Хар-ка $\varepsilon, \text{кДж/кг}$	Масова Витрата Воздуха $G, \text{кг/с}$
Цех	4,45	$8.34 \cdot 10^{-4}$	7813	4.41

Таблиця 3.2 - Підсумки розрахунків тепловтрат.

Будуємо процес обробки повітря у СКП для холодної пори року.

Знаходимо на діаграмі точки Н та В, що відповідають стану зовнішнього та внутрішнього повітря. Після цього проводимо крізь точку В луч процесу за допомогою визначеної раніше величини тепловологісної характеристики процесу. Для визначення точки П, що характеризує стан припливного повітря, відкладаємо від точки В по лучу процесу  $\Delta t_{\text{роб}} = 5 \text{ }^\circ\text{C}$ . Точка П' характеризує стан припливного повітря на виході з другого нагрівача та знаходиться на 1К нижче від точки П по лінії  $d = \text{const}$ . Для визначення положення точки О, яка

відображує стан повітря на виході з камери зрошування опускаємося вниз із точки П по лінії  $d=\text{const}$  до перетину з лінією відносної вологості  $\phi=90\%$  (відрізок ОП' характеризує підігрів повітря у другому нагрівачі). Точка В' характеризує стан повітря, що виходить із приміщення, та знаходиться на 1К вище по лучу процесу від точки В. Точка К відображує стан повітря на виході з повітронагрівача першого ступеня та знаходиться на перетині ліній  $d=\text{const}$  проведеної від точки Н та ізоентальпи  $h=\text{const}$  проведеної від точки О.

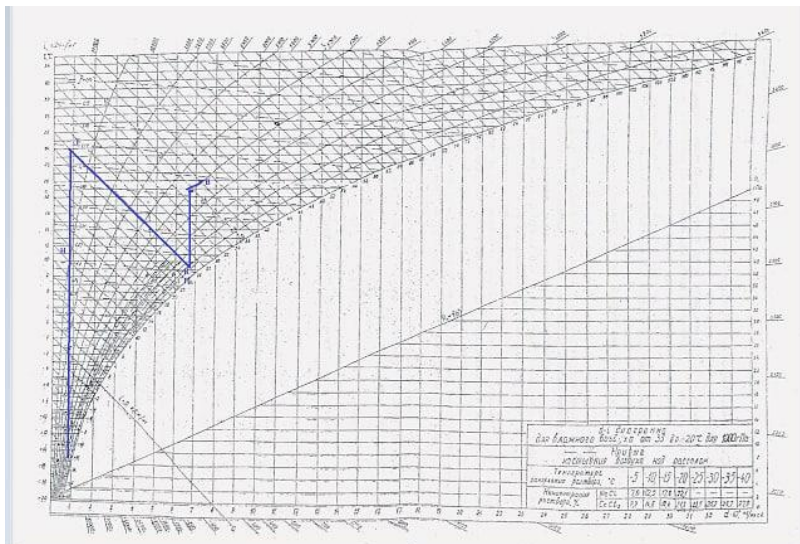


Рис. 6 d,h-діаграмі прямих та компенсуючих процесів обробки повітря в зимовий період

Висновок: В цьому розділі я розраховував теплопритоки через огороження і вологовиділення, побудував процеси обробки повітря в холодний і теплий період на d,h діаграмі

## 4 ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ВЕНТИЛЯЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ

Припливно-витяжна система повітророзподілення в більшості випадків досить громіздка.

Ціль аеродинамічного розрахунку системи повітророзподілення:

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

При розрахунку систем повітророзподілення потрібне виконання наступних умов:

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

По кожній розраховуваній системі задаємося наступними вихідними даними:

- максимальна швидкість повітря, що допускає на окремих ділянках;
- конфігурація мережі й форма перетинів повітроводу;
- матеріал повітровода;
- витрата повітря й довжини ділянок;
- характеристик повітроводу (кінцевий, магістральний);
- задані коефіцієнти місцевих опорів на ділянках без обліку коефіцієнта місцевих опорів трійників і хрестовин.

Вичерчуємо в аксонометрії аксонометричну схему магістрального

повітроводу й розбиваємо його на ділянки.

Розрахунок мережі повітроводів для системи [8,9,10,20]

Корисний об'єм повітря для систем визначається по формулі:

$$L=G \cdot 3600/\rho, \quad (4.1)$$

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

Для системи корисна об'ємна витрата повітря буде рівна:

$$L=8861 \text{ м}^3/\text{ч},$$

Для ділянки №1 повітроводу магістрального знаходимо витрату повітря

$$L_{\text{УЧАСТОК}\#1} = \frac{L}{3} \quad (4.2)$$

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

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

Знаходимо діаметр повітроводу:

$$d = (L / (3600 \cdot 0,785 \cdot v))^{0,5} \quad (4.3)$$

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

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

Уточнимо швидкість у повітропроводі:

$$V_{\text{в. факт.}} = L / (3600 \cdot 0,785 \cdot d^2) \quad (4.4)$$

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

Число Рейнольдса визначаємо по формулі:

$$Re = \frac{v_{\text{в. факт.}} \cdot d_{\text{екв.}}}{\nu} \quad (4.5)$$

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

$\nu$  - кінематичний коефіцієнт в'язкості, приймаємо рівним

$$\nu = 15,6 \cdot 10^{-6} \left( \frac{\text{м}^3}{\text{с}} \right). \quad (4.6)$$

Коефіцієнт опору для розвиненого турбулентного руху визначається як:

$$\lambda = 0,3164 / Re^{0,25}. \quad (4.7)$$

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

Динамічний натиск розрахуємо по формулі:

$$\Delta p_{\text{дин.}} = \frac{\rho \cdot v_{\text{в.факт}}^2}{2} \quad (4.8)$$

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

Величину параметра R визначимо:

$$R = \frac{\lambda}{d_{\text{экв.}}} \cdot \Delta p_{\text{дин.}} \quad (4.9)$$

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

Втрати тиску по довжині воздуховодів визначаються:

$$\Delta p_l = R \cdot l \quad (4.10)$$

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

Втрати тиску на ділянках в місцях місцевих опорів визначаються:

$$\Delta p_{\xi} = \xi \cdot \Delta p_{\text{дин.}} + \Delta p_{\text{решетки}} \quad (4.11)$$

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

Коефіцієнти місцевих опорів:

- коліно  $\xi = 0,24$ ;

- конфузор  $\xi = 0,25$ .

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

$$\Delta P_{\text{уч.}} = \sum \Delta p_l + \sum \Delta p_{\xi} \quad (4.12)$$

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

Для ділянки №2 повітроводу магістрального знаходимо витрату повітря

$$L_{\text{УЧАСТОК}\#2} = L_{\text{П}} - L_{\text{УЧАСТОК}\#1} \quad (4.13)$$

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

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

Знаходимо діаметр повітроводу:

$$d = (L / (3600 \cdot 0,785 \cdot v))^{0,5} \quad (4.14)$$

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

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

Уточнимо швидкість у повітропроводі:

$$V_{в. факт.} = L / (3600 \cdot 0.785 \cdot d^2) \quad (4.15)$$

$$V_{в. факт.} = 5908 / (0.785 \cdot 3600 \cdot 0.64^2) = 4,27 \text{ м/с.}$$

Число Рейнольдса визначаємо по формулі:

$$Re = \frac{v_{в.факт.} \cdot d_{эқв.}}{\nu} \quad (4.16)$$

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

$\nu$  - кінематичний коефіцієнт в'язкості, приймаємо рівним

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

Коефіцієнт опору для розвиненого турбулентного руху визначається як:

$$\lambda = 0,3164 / Re^{0,25} \quad (4.17)$$

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

Динамічний натиск розрахуємо по формулі:

$$\Delta p_{дин.} = \frac{\rho \cdot v_{в.факт.}^2}{2} \quad (4.18)$$

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

Величину параметра R визначимо:

$$R = \frac{\lambda}{d_{эқв.}} \cdot \Delta p_{дин.} \quad (4.19)$$

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

Втрати тиску по довжині воздуховодів визначаються:

$$\Delta p_l = R \cdot l \quad (4.20)$$

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

Втрати тиску на ділянках в місцях місцевих опорів визначаються:

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

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

Коефіцієнти місцевих опорів:

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

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

$$\Delta P_{\text{уч.}} = \sum \Delta p_l + \sum \Delta p_{\xi} \quad (4.22)$$

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

Для ділянки №3 повітроводу магістрального знаходимо витрату повітря

$$L_{\text{УЧАСТОК}\#3} = L_1'' \quad (4.23)$$

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

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

Знаходимо діаметр повітроводу:

$$d = (L / (3600 \cdot 0,785 \cdot v))^{0,5} \quad (4.24)$$

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

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

Уточнимо швидкість у повітропроводі:

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

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

Число Рейнольдса визначаємо по формулі:

$$Re = \frac{v_{\text{в. факт.}} \cdot d_{\text{екв.}}}{\nu} \quad (4.26)$$

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

де  $d_{\text{екв.}} = d$

$\nu$  - кінематичний коефіцієнт в'язкості, приймаємо рівним

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

Коефіцієнт опору для розвиненого турбулентного руху визначається як:

$$\lambda = 0,3164 / Re^{0,25} \quad (4.27)$$

$$\lambda = 0,3164 / 245336^{0,25} = 0,0132$$

Динамічний натиск розрахуємо по формулі:

$$\Delta p_{\text{дин.}} = \frac{\rho \cdot v_{\text{в. факт.}}^2}{2} \quad (4.28)$$

$$\Delta p_{\text{дин.}} = (1,2 \cdot 4,33^2) / 2 = 11,24$$

Величину параметра R визначимо:

$$R = \frac{\lambda}{d_{\text{екв.}}} \cdot \Delta p_{\text{дин.}} \quad (4.29)$$

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

Втрати тиску по довжині воздуховодів визначаються:

$$\Delta p_l = R \cdot l \quad (4.30)$$

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

Втрати тиску на ділянках в місцях місцевих опорів визначаються:

$$\Delta p_{\xi} = \xi \cdot \Delta p_{\text{дин.}} + \Delta p_{\text{решетки}} \quad (4.31)$$

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

Коефіцієнти місцевих опорів:

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

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

$$\Delta P_{\text{уч.}} = \sum \Delta p_l + \sum \Delta p_{\xi} = 0.43 + 22.05 = 22.48 \quad (4.32)$$

$$\Delta P = \sum \Delta P_{\text{уч.}} \quad (4.33)$$

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

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

З врахуванням початкових даних визначимо типорозмір і вид розподільника повітря для системи. Приймаємо розподільник повітря марки Diffuser –Arctos TSD забезпечує комфортну вентиляцію великих високих залів. Завдяки можливості регулювання повітряного струменя дифузор можна використовувати для роздачі охолодженої і нагрітого повітря. Висота установки становить від 4 до 15 метрів. Форма повітряного струменя регулюється як вручну, так і за допомогою електроприводу. TSD складається з впускного конуса, внутрішнього і зовнішнього корпусів з регульованими лопатями. В режимі охолодження лопаті знаходяться у відкритому положенні

(горизонтальна роздача повітря), в режимі обігріву в закритому (вертикальна роздача повітря). TSD приєднується до круглого воздуховоду безпосередньо або через приєднувальну камеру. При рівні звукової потужності:  $L_A \leq 35\text{дБ}$ , далекобійність струменя приточування  $L_{\text{струменя}} = 4-10\text{м}$  в залежності від необхідної швидкості в приміщенні  $v$  від 0,5-0,2 відповідно. Падіння повного тиску через який складає:  $\Delta p = 17\text{ Па}$ .

## 5. ОСОБЛИВОСТІ ЦЕНТРАЛЬНОЇ СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ З ДОДАТКОВОЮ ОЧИСТКОЮ

### 5.1 Підбір центрального кондиціонера

За максимальним значенням витрати приточного повітря визначаємо корисну продуктивність кондиціонера:

Знаходимо сумарну масову витрату повітря для всіх приміщень :

$$G_{\text{max}} = 4,45 \text{ кг/с.}$$

Повна корисна продуктивність кондиціонера:

$$L_{\text{кд}} = \frac{3600 \cdot G_{\text{max}}}{\rho_v} = \frac{3600 \cdot 4.45}{1,2} = 13230 \text{ м}^3 / \text{год} \quad (5.1)$$

Повна корисна продуктивність кондиціонера з врахуванням протічок в мережі повітроводів :

$$L_{\text{кд}}^{\text{повн}} = L_{\text{кд}} \cdot 1,04 = 13783,2 \text{ м}^3 / \text{год} \quad (5.2)$$

За повною продуктивністю підбираємо кондиціонер.

Підбираємо центральний кондиціонер фірма, «ВЕЗА-УКРАЇНА»

Модель «КЦКП-А 14»

Кондиціонери типу КЦКП-А виготовляються у сейсмостійкому виконанні. Вибухозахищені кондиціонери призначені для переміщення агресивних газопароповітряних вибухонебезпечних сумішей ІА, ІВ категорій груп Т1, Т2, Т3 згідно з ГОСТ 12.1.011 з температурою сумішей, що переміщуються від мінус 40 С до 80 С.

Після вибору кондиціонера остаточно розраховуємо масову витрату припливного повітря:

$$G_{\kappa\delta} = \frac{\rho_6 \cdot L_{\kappa\delta}^{\text{повн}}}{3600} = \frac{1,2 \cdot 13759,2}{3600} = 4,58 \text{ кг/с}, \quad (5.3)$$

За значеннями масової витрати надалі виконуються всі розрахунки тепломасообмінних апаратів

## 5.2 Розрахунок поверхневого повітрянагрівача 1 підігріву

Вихідні данні для розрахунку повітрянагрівача :початкові та кінцеві параметри повітря  $t_{\text{зов}} = -18^\circ\text{C}$ ,  $t_{\text{к}} = 24^\circ\text{C}$ , витрати повітря  $G_6 = 13759,2 \text{ м}^3 / \text{год}$ , початкова та кінцева температура теплоносія  $t_1 = 110^\circ\text{C}$ ,  $t_2 = 70^\circ\text{C}$ .

Приймаємо повітрянагрівач ВНВ 243.1-103-120-02-2.5-06-2 кондиціонера КЦКП-16 площа фронтального перетину  $1,596 \text{ м}^2$ . [8,9,10,20]

Масова швидкість повітря у фронтальному перетині кондиціонера «ВЕЗА-УКРАЇНА»  $\text{кг}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$ . Керуючись [3]

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

де  $F_f$  – площа фронтального перетину кондиціонера,  $\text{м}^2$ ;

$G_6$  – витрата повітря,  $\text{кг/с}$ ;

$$v\rho = \frac{13759}{3600 \cdot 1,596} = 2,39 \text{ кг}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$$

Кількість теплоти для нагріву повітря, Вт:

$$Q = 0,278 \cdot C_6 \cdot G_6 \cdot (t_{\text{к}} - t_{\text{зов}}) \quad (5.5)$$

де  $C_6$  – теплоємність повітря;

$$Q = 0,278 \cdot 1,006 \cdot 13759,2 \cdot (24 - (-18)) = 161616 \text{ Вт}$$

Витрата теплоносія,  $\text{кг/ч}$ :

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

де  $C_w$  – теплоємність води;

$$C_w = \frac{3.6 \cdot 161616}{(4.187 \cdot (110 - 70))} = 3473,9 \text{ кГ / год}$$

Задаючись швидкістю руху теплоносія в трубах  $w = 1.2..1.5 \text{ м / с}$ , визначаємо число ходів та площу живого перетину для проходу води.

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

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 «ВЕЗА-УКРАЇНА» Модель «КЦКП-А 14»

$h = 0.06 \text{ м}$ .

Приймаємо  $p = 1$ ; при  $H_{mp} = 0,95 \text{ м}$ , загальна кількість трубок:

$$N = 1 \cdot 0.95 / 0.06 = 16$$

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

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

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

Приймаємо швидкість руху води в трубах  $w = 1,8 \text{ м / с}$ .

Тоді

$$m = \frac{3473,9}{3600 \cdot 1000 \cdot 0.0001108 \cdot 1.8} = 4,83$$

Приймаємо  $m = 4$  та визначаємо число ходів

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

$$n = \frac{16}{4} = 4$$

Уточнюємо швидкість руху води в трубках:

$$w = \frac{G_w}{3600 \cdot \rho_w \cdot f_w \cdot m}$$

(5.10)

$$w = \frac{3473,9}{3600 \cdot 1000 \cdot 0.0001108 \cdot 4} = 2,17 \text{ м/с}$$

Визначаємо коефіцієнт теплопередачі,  $Bm/(m^2 \cdot ^\circ C)$

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

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

$$k = 23.11 \cdot (2.79)^{0,37} \cdot 1.88^{0,18} = 37.84 Bm/(m^2 \cdot ^\circ C)$$

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

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

$$\Delta t_{cp} = \frac{110 + 70}{2} - \frac{-18 + 24}{2} = 87^\circ C.$$

Знаходимо потрібну площу поверхні теплообміну:

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

$$F = \frac{161616}{37.84 \cdot 87} = 49,09 \text{ м}^2$$

Аеродинамічний опір повітрянагрівача:

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

де  $B, m$  – емпіричні коефіцієнти;

$$\Delta P_a = 2.104 \cdot 2.79^{1,64} = 11.31 \text{ кПа}$$

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.

$$\Delta P_w = 1.968 \cdot (1.02 \cdot 4) \cdot 1,88^{1.69} = 23,3 \text{кПа}$$

Повітрянагрівачі збирають з базових теплообмінників. Ці теплообмінники виготовляють з біметалевих труб зі спіралью – накатним оребренням. По трубках повітрянагрівачів проходить гаряча вода, а з боку зовнішньої поверхні рухається повітряний потік, що обумовлюється роботою вентиляторів або ежекторів. Ефективність тепловіддачі з боку потоку гарячої води стінки труби значно вище, ніж тепловіддача від зовнішньої поверхні до потоку повітря. Для інтенсифікації тепловіддачі з боку зовнішньої поверхні труби застосовується конструктивний метод розвитку зовнішньої поверхні тепловіддачі до повітря методом зовнішнього оребрення трубок.

### 5.2 .1 Розрахунок поверхневого повітрянагрівача 2 підігріву

Розрахунок повітрянагрівача другого підігріву зводиться до визначення числа рядів труб по ходу повітря і температури теплоносія на вході і виході з апарата.

Приймаємо повітрянагрівач ВНВ 243.1-103-120-02-2.5-06-2 кондиціонера КЦКП-А 14 площа фронтального перетину  $1.596 \text{м}^2$ .

Вихідні дані:

- $t_1 = 24 \text{ }^\circ\text{C}$  – температура повітря на вході;
- $t_2 = 9 \text{ }^\circ\text{C}$  – температура повітря на виході;
- $t_{\omega 1} = 70 \text{ }^\circ\text{C}$  – температура води на вході;
- $t_{\omega 2} = 40 \text{ }^\circ\text{C}$  – температура води на виході.

Визначаємо кількість теплоти, необхідну для нагріву повітря:

$$Q_T = Gc_p(t_{\text{вих}} - t_{\text{вх}}), \quad (5.16)$$

де  $G = 4,41 \text{ кг/с}$  – витрата припливного зовнішнього повітря яке нагрівається;

$c_p = 1,006 \text{ кДж/кг}^\circ\text{С}$  – теплоємність повітря;

$t_{\text{ВХ}}, t_{\text{ВЫХ}}$  - початкова та кінцева температура повітря яке нагрівається,  $^\circ\text{С}$ .

$$Q_m = 4,41 \cdot 1,006(9 + 24) = 146,4 \text{ кВт}.$$

Розраховуємо масову витрату теплоносія:

$$G_w = \frac{G \cdot c_p \cdot (t_{\text{ВЫХ}} - t_{\text{ВХ}})}{c_w \cdot (t_{\text{WBB}} - t_{\text{WВЫ}})}, \text{ кг/с}, \quad (5.17)$$

де  $c_w = 4,19$  - кДж/кг $^\circ\text{С}$  - теплоємність води;

$t_{\text{WВХ}}, t_{\text{WВЫХ}}$  - початкова та кінцева температура гарячої води на вході та виході з теплообмінника,  $^\circ\text{С}$ .

$$G_w = \frac{4,41 \cdot 1,006 \cdot (9 + 24)}{4,19 \cdot (70 - 40)} = 1,16 \text{ кг/с}.$$

При виборі режимів нагріву повітря необхідно оцінити енергетичну доцільність прийнятих рішень. Для такої оцінки рекомендується використовувати метод термодинамічної ефективності процесів. Відносно до режимів нагріву в теплообміннику з нескінченно-розвиненою поверхнею нагріву  $F_H = \infty$  повітря з початковою температурою  $t_{\text{ВХ}}$  і початковою температурою гарячої води  $t_{\text{WВХ}}$ , максимально-можливий нагрів витрати повітря при теплоємності  $c_p$  визначається виразом:

$$Q_{f \text{ max}} = G \cdot c_p \cdot (t_{\text{WBB}} - t_{\text{ВХ}}), \text{ кВт}. \quad (5.18)$$

Реальна поверхня теплообмінника  $F_H$  завжди менше, а повітря не може бути нагріте до початкової температури гарячої води  $t_{\text{WВХ}}$ . Тому реальний нагрів в повітрянагрівачі визначається виразом:

$$Q_T = G c_p (t_{\text{ВЫХ}} - t_{\text{ВХ}}), \text{ кВт}. \quad (5.19)$$

Термодинамічний показник ефективності теплообміну визначається співвідношенням реального процесу підігріву повітря до максимально можливого.

$$\theta_t = \frac{Q_T}{Q_{f \text{ max}}} = \frac{t_{\text{ВЫХ}} - t_{\text{ВХ}}}{t_{\text{WBB}} - t_{\text{ВХ}}}, \quad (5.20)$$

$$\theta_t = \frac{9 + 24}{70 + 24} = 0,35.$$

Визначаємо показник співвідношень теплоємностей потоків:

$$W = \frac{G \cdot c_p}{G_w \cdot c_w}, \quad (5.21)$$

$$W = \frac{4,41 \cdot 1,006}{1,16 \cdot 4,19} = 0,91.$$

По графіку залежності для теплотехнічної ефективності знаходимо показник числа одиниць переносу тепла:  $N_t = 0,28$  [12].

Знаходимо потрібну поверхню теплообмінника:

$$F = \frac{N_t \cdot G \cdot c_p}{K}, \text{ м}^2, \quad (5.22)$$

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

Коефіцієнт теплопередачі визначаємо для конкретного конструктивного виконання теплообмінника:

$$K = A \cdot (\nu\rho)^{0,37} \cdot \omega^{0,18}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}) \quad (5.23)$$

$$K = 23,11 \cdot (2,79)^{0,37} \cdot 1,2^{0,18} = 34,9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}),$$

$$F = \frac{0,28 \cdot 4,41 \cdot 1,006 \cdot 10^3}{30,4} = 40,8 \text{ м}^2.$$

Величина аеродинамічного опору визначається за формулою:

$$\Delta P_{\text{воз}} = B(\nu\rho)^m \quad (5.24)$$

де  $B$  – вільний член, що відображає конструктивні особливості теплообмінника [12];

$\nu$  - швидкість руху повітря;

$m$  – показник ступеня [12];

$\omega$  - швидкість руху води.

$$\Delta P_{\text{вот}} = 2,104 \cdot (2,79)^{1,81} = 13,47 \text{ Па.}$$

Гідравлічний опір при проходженні води по трубкам теплообмінника:

$$\Delta P_{\omega} = 1,968 \cdot l_{\text{хода}} \cdot \omega^{1,69}, \text{ кПа,} \quad (5.25)$$

де  $l_{\text{хода}}$  - приведена довжина ходу води в трубках, м.

$$\Delta P_{\omega} = 1,968 \cdot 4,08 \cdot 2,17^{1,69} = 29,73 \text{ кПа.}$$

### 5.3 Гідравлічний розрахунок трубопроводів та підбір насосу для повітрянагрівачів

Циркуляція теплоносія в контурах системи тепло/ холодопостачання, заповнення систем і створення надлишкового тиску в них забезпечуються за допомогою насосів. Також як і компресори, насоси класифікуються за способом, за допомогою якого здійснюється підвищення тиску і діляться на об'ємні і динамічні. До категорії об'ємних відносяться поршневі, гвинтові, шестерінчасті насоси, до динамічних - в основному відцентрові. Відцентрові насоси - найпоширеніший тип насосів як складова частина систем холодопостачання. Вибір насоса виробляється на основі його характеристик і особливостей вживання (хімічний склад переміщуваного середовища, габаритні показники і так далі).

Для розділення, об'єднання, гідравлічної ув'язки окремих ділянок системи холодопостачання, регулювання її в процесі експлуатації і так далі використовується трубопровідна арматура. Це замочні і регулюючі вентиля, зворотні клапани, запобіжні клапани і багато що інше. Трубопровідна арматура холодильних систем може бути як фреоновою, для використання у фреоновому контурі холодильних машин так і водяний, для систем водяного охолодження.

У циркуляційній системі рух рідини відбувається під дією різниці тисків нагнітання і всмоктування, створюваною при роботі насоса. При цьому рідина рухається від точок системи з більшим тиском до точок з меншим.

При русі рідини по системі відбуваються втрати тиску : на тертя об стінки труби і в місцевих опорах.

Виконаємо гідравлічний розрахунок нашої мережі.

Загальна довжина труб дорівнює:

$$L_{тр}^{заг} = 4,4$$

Витрата рідини:

$$V = 1,63 \text{ л/с}$$

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

Визначимо внутрішній діаметр труби:

$$d_{вн} = \sqrt{\frac{V * 10^{-3}}{0,785 * \omega}} = \sqrt{\frac{1,63 * 10^{-3}}{0,785 * 0,85}} = 0,049 \text{ (м)} \quad (5.26)$$

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

$V=1,63 \text{ л/с}$  – витрата рідини

Вибираємо поліпропіленову трубу Pilsa PN25 із зовнішнім діаметром  $D=75 \text{ мм}$  і завтовшки стінки  $t=12,6 \text{ мм}$ . Уточнимо внутрішній діаметр труби:

$$d_{вн} = D - 2t = 75 - (2 * 12,6) = 49,8 \text{ (мм)} \quad (5.27)$$

Уточнимо швидкість руху рідини в трубопроводі:

$$\omega = \frac{V * 10^{-3}}{0,785 * d_{вн}^2} = \frac{1,63 * 10^{-3}}{0,785 * 0,0498^2} = 0,84 \text{ (м/с)} \quad (5.28)$$

Визначаємо динамічний тиск:

$$\frac{\rho * \omega^2}{2} = \frac{974,8 * 0,84^2}{2} = 344 \text{ (Па)} \quad (5.30)$$

де  $\rho$  - щільність води при  $t=75^\circ \text{ C}$

Розраховуємо число Рейнольдса:

$$Re = \frac{\omega * d_{вн}}{\nu} = \frac{0,84 * 0,0498}{0,389 * 10^{-2}} = 107500 \quad (5.31)$$

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

Коефіцієнт опору по довжині:

$$\lambda = 0,1 * \left( \frac{1,46 * k_s}{d_{\text{вн}}} + \frac{100}{R_g} \right) = 0,1 * \left( \frac{1,46 * 0,004}{0,0498} + \frac{100}{107500} \right) = 0,012$$

(5.32)

$k_s$  - коефіцієнт абсолютної еквівалентної шорсткості поліпропіленових труб.

Втрати тиску від тертя на довжині 1м:

$$\Delta P_{\text{тр}} = R = \frac{\lambda}{d_{\text{вн}}} * \frac{\rho * \omega^2}{2} = \frac{0,012}{0,0498} * 344 = 83 (\text{Па} / \text{м})$$

(5.33)

Втрати тиску по усій довжині труби:

$$R * L_{\text{тр}}^{\text{заг}} = 83 * 4 = 332 (\text{Па}) \quad (5.34)$$

Втрати тиску в місцевих опорах:

$$Z = \sum \xi * \frac{\rho * \omega^2}{2} + \Delta P_{\text{пн}}, (\text{Па}) \quad (5.35)$$

$$Z = ((2 * 1.2) + (2 * 5.7) + 1.2) * 344 + 2300 = 7460 (\text{Па})$$

де,  $\xi$  - коефіцієнти місцевих опорів:

- угольник  $90^\circ$   $\xi = 1,2$

- вентиль  $\xi = 5,7$

- тройник  $\xi = 1,2$

$\Delta P_{\text{пн}}$  - гідравлічний опір повітрянагрівача, Па.

Сумарні втрати:

$$\Delta P = R * L_{\text{тр}}^{\text{заг}} + Z = 332 + 7460 = 7792 (\text{Па})$$

(5.36)

Визначимо необхідний натиск насоса:

$$H = \frac{\Delta P}{\rho * g} = \frac{7792}{974,8 * 9.8} = 0.816 (\text{м}) \quad (5.37)$$

Вибираємо насос Wilo – Stratos ECO 30/1-5 BMS. Потужність насоса складає 0,047кВт.

Wilo - Stratos ECO - це економічний циркуляційний насос з мокрим ротором для систем водяного опалювання, кондиціонування, закритих контурів охолодження і для промислових циркуляційних установок.

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

Розрахунок інших гілок магістралі зведений в таблицю 5.1

Таблиця 5.1- Розрахунок трубопроводів для повітрянагрівачів

№ Гілянки	1	2	3
Витрата води V, л/с	1,63	0,54	0,214
Довжина ділянки l, м	4	4	4
Внутр. діаметр труби (розр) $d_{ен}$ , м	0,049	0,028	0,018
Внутр. діаметр труби (Прийнят.) $d_{ен}$ , м	0,0498	0,0332	0,0166
Швидкість води (уточнена) v, м/с	0,84	0,62	0,99
Динамічний тиск $(\rho v^2)/2$ , Па	344	187	478
Критерій Рейнольдса, Re	107500	52920	42250
Коефіцієнт опору по довжині, $\lambda$	0,012	0,018	0,035
Втрати тиску від тертя R, Па/м	83	101	1008
Втрати тиску по усій довжині $R \cdot l$ , Па	332	404	4032
Втрати тиску в місцевих опорах, Па	7460	15000	8670
Сумарні втрати, $\Delta P$ , Па	7792	15404	12700
Необхідний натиск насоса, м	0,816	1,61	1,33

#### 5.4 Пластинчастий повітря-повітряний теплоутилізатор

Проблема енергозбереження відноситься до актуального завдання нашого часу. Проблема загострюється у зв'язку із зростанням енергоспоживанням в різних регіонах і галузях господарської діяльності суспільства. Із-за зростання енергоспоживання збільшується потреба в енергоносіях.

У системах вентиляції і кондиціонування повітря використання теплоти повітря, що видаляється, для нагріву припливного повітря дозволяє на 50...60% понизити витрату теплоти вентиляційними системами.

В нашому випадку використовується пластинчастий повітря-повітряний тепло утилізатор.

Пластинчасті рекуператори можуть збиратися з гладких пластин, утворюючих плоскі канали (рис.1, а). Між гладкими пластинами часто встановлюють пластини трикутного U- або П- образного профілю (рис.1, б, в, г), що значно збільшує поверхню контакту повітря з пластиною без збільшення об'єму апарату.

Вживання профільованих каналів в рекуператорах дозволяє значно збільшити теплообмінну поверхню.

### 5.5 Розрахунок адіабатної камери зрошування

Параметри початкового і кінцевого стану повітря  $h_{в,н}=24$  кДж/кг,  $t_{в,н}=23^{\circ}\text{C}$ ,  $t_{в,к}=18^{\circ}\text{C}$ .

Витрата повітря через камеру зрошування  $G_{ок}=8672$  м<sup>3</sup>/ч. Температура «мокрого» термометра  $t_{мг}=7,8^{\circ}\text{C}$ . Керуючись [5].

Знайдемо необхідний коефіцієнт адіабатної ефективності:

$$E = \frac{23 - 18}{23 - 7,8} = 0,33$$

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 .

$$B = \frac{G_w}{L_n * \rho_n}, \text{кг води/кг повітря.} \quad (5.47)$$

Проведемо оцінку необхідних коефіцієнтів зрошення в режимах адіабатного зволоження в блок – камері форсункового зрошення в приточному агрегаті КЦКП-14

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

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

При  $E_a=0,95$  потрібно  $V=1,43$  кг/кг;

Побудуємо графік залежності коефіцієнта адиабатної ефективності  $E_a$  від коефіцієнт зрошення  $V$ . Знайдемо що для  $E_a=0,33$  ;  $V=0,36$

Далі знайдемо необхідну витрату води:

$$G_w = V \cdot L_n \cdot \rho_n = 0,36 \cdot 8672 \cdot 1,2 = 3746 \text{ кг/ч.} \quad (5.48)$$

## 5.6 Особливості очищення повітря

### 5.6.1 . Підбір фільтрів.

У системах кондиціонування фільтри необхідні для очищення та видалення з повітря всіляких забруднень.

Від якості та функціональності фільтра багато в чому залежить його вартість. Але необов'язково вибирати найдорожчу універсальну модель. Досить визначитися з типом забруднень, усунення яких пріоритетнішою за все. Наприклад, для житлових приміщень актуальною буде фільтрація пилу і шерсті тварин, в кімнатах з підвищеною вологістю - спор цвілі, на виробництвах - токсичних речовин і т.д.

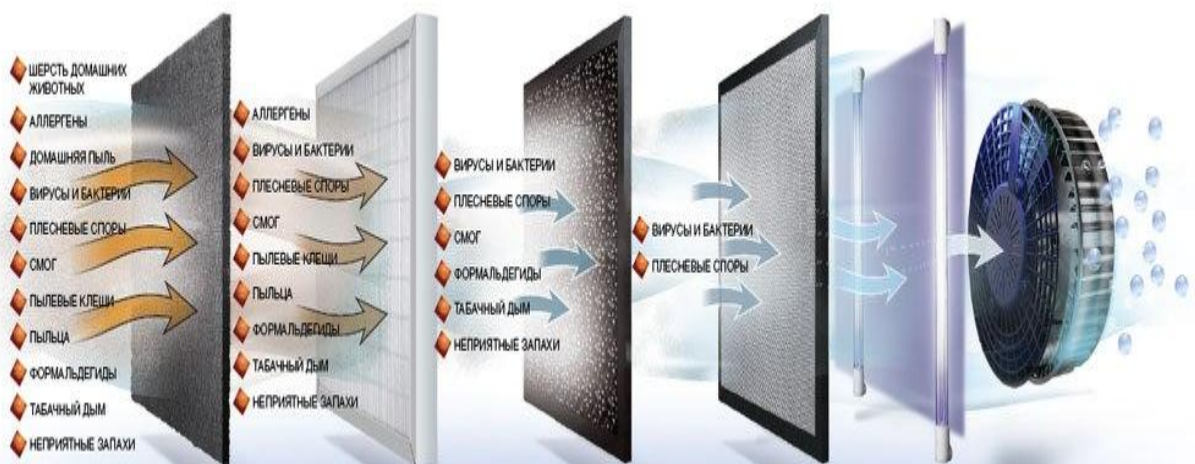


Рис.6. Різні види забруднень у повітрі

*Фільтри грубої очистки*

Механічне видалення забруднень з повітря за принципом дії схоже з ситом. Грубі фільтри затримують великі пилові частинки, пух і шерсть. Їх первинним завданням є захист внутрішніх деталей кондиціонера, що запобігає раптові поломки, а тільки потім - очищення повітря.

Механічні фільтри встановлюються за воздухозаборной ґратами, перешкоджаючи потраплянню в теплообмінник частинок пилу розміром більше 2 мкм. Вони затримують до 95% великих забруднень, що містяться в повітрі, що значно подовжує експлуатаційний термін обладнання. Щоб кондиціонер прослужив якомога довше, слід віддати перевагу моделі з якісним механічним фільтром. Для підтримки працездатності системи його досить періодично чистити від скупчуються забруднень. Стежити за станом фільтраційного елементу допомагає спеціальний індикатор. Він активується раз в 2-3 місяці, коли необхідно провести профілактичний догляд за фільтром. При цьому деякі моделі кондиціонерів продовжують працювати, а інші автоматично відключаються.

Також сучасні виробники кліматичної техніки випускають обладнання зі змінними грубими фільтрами. Нові встановлюються раз в 3-4 місяці, а старі можна викидати, щоб не відмивати їх від товстого шару пилу, що скупчився, вовни, ворсу і т.д.

#### *Фільтри тонкого очищення*

Тонке очищення повітря дозволяє видаляти дрібні частинки пилу до 1 мкм, а також хвороботворні бактерії, маслянисті і інші домішки. З огляду на спосіб і ступінь усунення забруднень, розрізняють кілька типів тонких фільтрів: полімерні, синтетичні, вугільні, електростатичні, ультрафіолетові, плазмові і нанофільтри. Виробники сучасної кліматичної техніки часто вдаються до установки відразу декількох типів в одному пристрої. Як правило, такі кондиціонери продаються за ціною, вищою за середню.

Фільтри для клімат-техніки виробляються на основі активованого вугілля. Їх часто називають дезодоруючими, так як вони відрізняються здатністю

ефективно видаляти сторонні запахи. Дані елементи мають термін придатності, на який сильно впливають:

близькість автомобільних трас; екологічний фон регіону; розташування будівлі по відношенню до сторін світу; інші фактори.

Для ефективної роботи кліматичного обладнання зазвичай досить заміни фільтрів тонкого очищення кожні 4 місяці. Однак виробники продовжують займатися розробкою фільтруючих елементів, які служать набагато довше. Наприклад, ультрафіолетові здатні поступово відновлювати свої основні параметри під впливом УФ-променів.

#### *Вугільні фільтри*

Унікальні абсорбуючі властивості даних виробів дозволяють повністю очищати повітря від запаху сигарет, їжі, що готується і т.д. Один вугільний фільтр «працює» від 2,5 до 4 місяців.

#### *Фільтри з антибактеріальним покриттям*

Даний тип відрізняється специфічною обробкою, яка вбиває віруси, спори грибків і різні хвороботворні бактерії. Фільтраційні елементи, покриті антибактеріальною речовиною, мають тривалий експлуатаційний термін, оскільки мають ефект самоочищення.

#### *Фільтри цеолітів (фотокаталізатори)*

Основні діючі речовини таких фільтрів - активоване вугілля і двоокис титану. Остання під каталізуючим дією сонячного випромінювання здатна розщеплювати практично будь-яку органіку. Тому для очищення фільтру цеоліту досить помістити його на деякий час в добре освітлюється сонцем місце. Завдяки даним властивостям експлуатаційний термін виробів сягає 3-5 років. Вони не схильні до негативного впливу вологого середовища, оскільки виготовлені з водовідштовхувальних волокон.

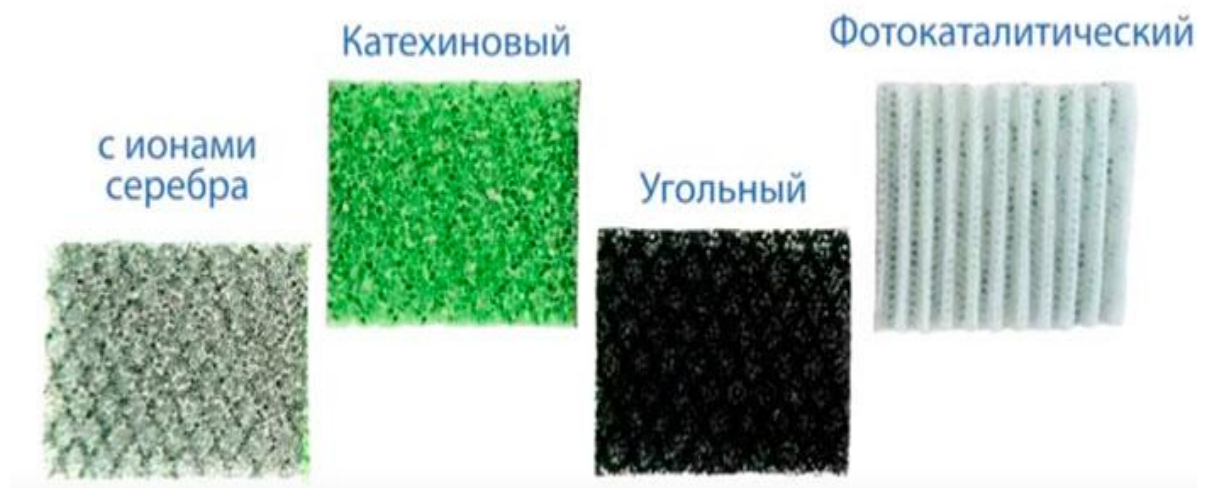


Рис.7. Види фільтрів

*Катехинові фільтри*

Речовина катехін є природний антисептик, у великій кількості міститься в чайному листі. Воно знезаражує повітря від вірусів і бактерій, а також усуває запахи їжі, що готується, сигаретного диму, поту та ін., Розщеплюючи їх до рівня нешкідливих з'єднань. Катехін нейтралізує хвороботворні мікроби, закриваючи собою шипи, якими вони чіпляються за здорову клітину, заражаючи її. В результаті цього вірус стає нездатним до паразитичного взаємодії з іншими організмами.

*Фільтри «Васабі»*

Васабі - це традиційна японська приправа, яка виготовляється з особливого сорту хрину, відомого своїми антибактерицидними властивостями. Фільтри, що мають в своєму складі невелику кількість даної речовини, ефективно знезаражують повітря, вбиваючи містяться в ньому віруси і бактерії.

*Електростатичний фільтр*

Дані вироби представляють собою комбінацію пластин і / або решіток, розміщених на деякій відстані один від одного. На них подається електричний струм, внаслідок чого виникає електричне поле. Від створюваного напруги (4800-5000 Вольт) в прохідному крізь фільтр повітрі гинуть всі віруси,

шкідливі бактерії, пилові кліщі і т.д. Частинки пилу і інші фізичні домішки отримують іонний заряд (+ або -), а потім «примагнічується» до різнополюсно зарядженого фільтру.

#### *Антиоксидантний фільтр*

Антиоксиданти шкідливі для організму людини, тому дані фільтруючі елементи створені для їх знешкодження за допомогою особливого каталітичного покриття. Що використовується речовина відноситься до групи флавоноїдів, які особливим чином впливають на вільні радикали, перетворюючи їх в хімічно нейтральні з'єднання.

#### *Генератор аніонів*

Фільтри з аніонами пригнічують життєдіяльність цвілевих грибків, пилових кліщів і комах, перешкоджаючи їх розмноження. Також вони збирають частинки пилу з плюсовим зарядом, «приклеюючи» їх до «негативного» пластини.

Найбільш універсальними є одноразові фільтри. Вони встановлюються в побутової клімат-техніці, комерційних і промислових системах кондиціонування. Матеріалом для їх виробництва служить звичайне або плісіроване скловолокно. Після закінчення експлуатаційного строку такі фільтри утилізуються. Вони не підлягають чищенню і повторного застосування.

Раціональність використання одноразових фільтруючих елементів обумовлена їх невисокою вартістю. Серед їхніх недоліків слід відзначити нетривалий термін служби і малу потужність.

Найбільшою ефективністю відрізняються електростатичні фільтри. Вони працюють за допомогою статичного заряду від електрики, тому при виборі слід враховувати, що витрата електроенергії і навантаження на електромережу збільшаться. Конструкційної особливістю електричних фільтрів є наявність попереднього елемента, що фільтрує. Він затримує великі

пилові частинки і інші забруднення, що містяться в повітрі. Очищення таких фільтрів потрібно кожні 6 місяців.

Приймаємо фільтр з антибактеріальним покриттям, даний тип відрізняється специфічною обробкою, яка вбиває віруси, спори грибків і різні хвороботворні бактерії. Фільтраційні елементи, покриті антибактеріальною речовиною, мають тривалий експлуатаційний термін, оскільки мають ефект самоочищення, типу Y222P виробництва фірми «Danfoss» діаметром 40 мм,  $kv = 23 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

$$\Delta P = \left( \frac{L}{K_v} \right)^2 \cdot 10^5 = \left( \frac{2,998}{23} \right)^2 \cdot 10^5 = 1700 \text{ Па.} \quad (5.1.1)$$

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	<b>≥ 95</b>	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

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

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]:

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

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

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

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

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

$F_{\phi}$  – фронтальна поверхня матеріалу, що фільтрує,  $\text{м}^2$ ;

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

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

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. ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПРИМІЩЕНЬ КАПРОНОВОГО КОРДУ

### 6.1 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, ежектірується 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.

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, 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 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 конфузоровим 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 конфузоровим 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 кондиціонування.

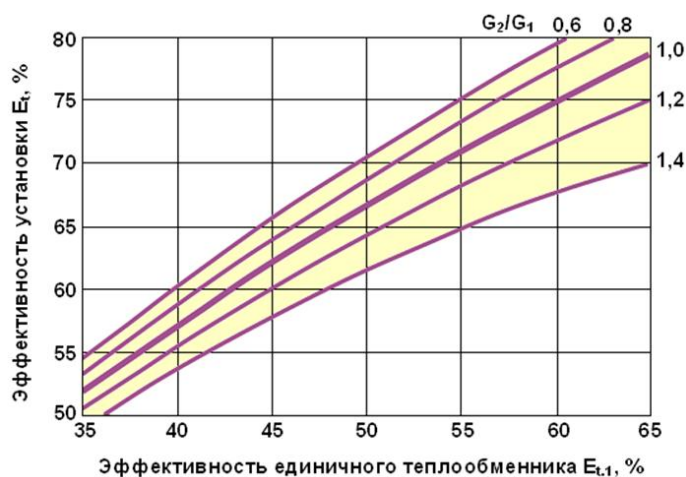


Рис. 8

При змішуванні вентиляційного повітря з повітрям, що надійшло із сопла, відбувається 15 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 агента (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 патрубку; 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 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. 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

## **6.2. Спосіб очистки повітря**

Проблема очистки викидних газів в наш час постає особливо гостро. Через зменшення долі АЕС у енергетиці України. У галузі очистки газів вже проведена велика кількість роботи та створено багато методів їх очистки. Не зважаючи на це існує потреба у здешевленні методів та збільшенні їх надійності. Це запиту може задовольнити наша пропозиція.

Винахід належить до пристроїв для очистки димових газів від оксидів сірки, азоту, вуглецю, і призначений для використання в різних галузях промисловості, наприклад, енергетичній, хімічній, металургійній та ін., де застосовують спалення твердого або рідкого палива. Вміст у вихідних димових газах оксидів сірки, азоту, вуглецю, що утворюються при спаленні твердого або рідкого палива, являє собою серйозну екологічну загрозу. Наприклад, такі хімічні сполуки, як сірчистий ангідрид SO<sub>2</sub> та сірчаний

ангідрид  $\text{SO}_3$ , оксиди азоту  $\text{NO}$ , оксиди вуглецю  $\text{CO}_2$ , при поєднанні в атмосфері з водяною парою утворюють кислоти  $\text{H}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{HNO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{CO}_3$  які спричиняють шкідливий вплив на здоров'я людей, призводять до загибелі лісів та плодкових дерев, зниження врожайності сільськогосподарських культур.

Фільтр призначений для використання в галузях промисловості, де застосовують спалення твердого або рідкого палива. Пристрій містить нагнітач, сполучений з першою камерою змішування, що сполучена з першим конфузуром першого теплообмінника-ежектора (ТОЕ), та через патрубок подачі димових газів - з навколишнім середовищем. Заявлений пристрій забезпечує підвищення якості очистки димових газів від забруднюючих речовин і зниження енергетичних витрат.

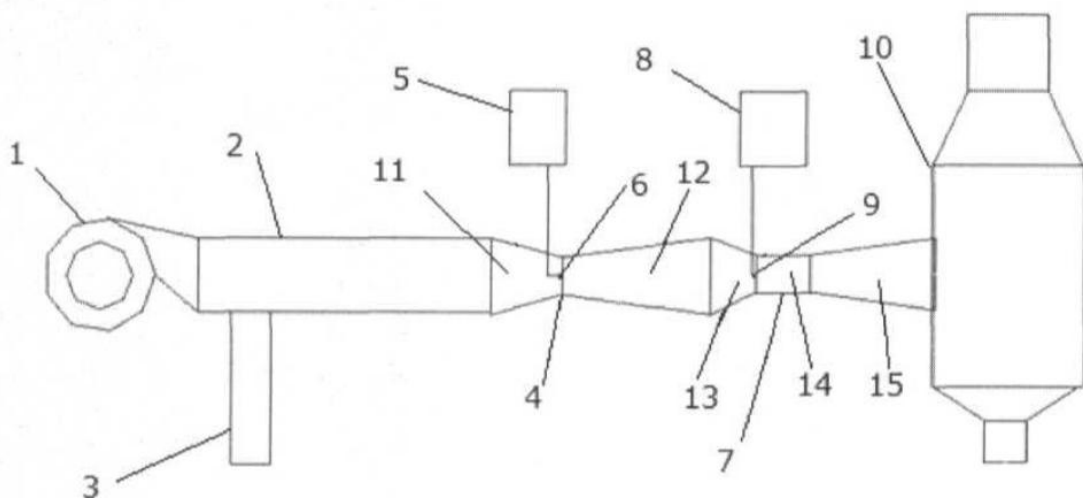


Рис9 - Схема пристрою для очистки димових газів від оксидів сірки, азоту та вуглецю;

Пристрій для очистки димових газів від оксидів сірки, азоту та вуглецю містить нагнітач 1, першу камеру змішування 2, патрубок 3 подачі димових газів до першої камери змішування, перший теплообмінник-ежектор (ТОЕ) 4, ємність для охолоджуючого агента 5, форсунку 6 першого зрошувального пристрою, другий теплообмінник-ежектор 7, ємність для води 8, форсунку 9 другого зрошувального пристрою та віддільник рідини від димових газів 10. Перший 20 теплообмінник-ежектор 4 містить перший конфузур 11 та перший

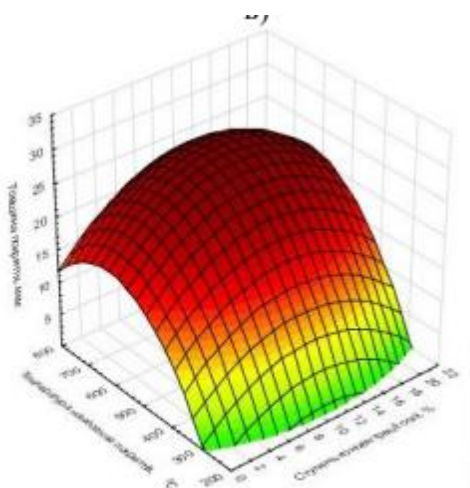
дифузор 12. Другий теплообмінник-ежектор 7 містить другий конфузор 13, другу камеру змішування 14 та другий дифузор 15. При цьому вихід нагнітача 1 сполучений з входом першої камери змішування 2, яка сполучена з першим конфузорею 11 першого ТОЕ 4, який сполучений з першим дифузорею 12 першого ТОЕ 4, та через патрубок 3 подачі димових газів сполучена з навколишнім середовищем. Всередині першого конфузора 11 на виході розташована форсунка 6 першого зрошувального пристрою, сполучена трубопроводом з ємністю для охолоджуючого агента 5. Вихід першого дифузора 12 сполучений з другим конфузорею 13 другого ТОЕ 7, вихід якого сполучений з другою камерою змішування 14. На виході другого конфузора 13 розташована форсунка 9 другого зрошувального пристрою, поєднана через трубопровід з ємністю для води 8. Вихід другої камери змішування 14 сполучений з другим дифузорею 15 другого ТОЕ 7, який сполучений з віддільником рідини від димових газів 10.

Пристрій, працює наступним чином. Потік димових газів через патрубок 3 подають в першу камеру змішування 2, куди також подають нагнітачем 1 повітря з оточуючого середовища зі швидкістю 10...20 м/с. Змішування повітря оточуючого середовища з димовими газами здійснюють для окислення оксидів забруднюючих речовин, що містяться у димових газах, та зниження температури. Утворену суміш зі швидкістю 10...15 м/с подають до першого конфузора 11 першого ТОЕ 4, де прискорюють до швидкості 60...70 м/с. В потік через форсунку 6 першого зрошувального пристрою вприскують рідкий охолоджуючий агент (наприклад, азот). В результаті контакту з дрібнодисперсно розпиленним охолоджуючим агентом відбувається миттєве змішування зі зниженням температури потоку до температури початку реакції виділення забруднюючих речовин. Охолоджений потік подають до другого конфузора 13 другого ТОЕ 7, де прискорюють до 70...80 м/с, подають в другу камеру змішування 14, де в потік через форсунку 9 другого 45 зрошувального

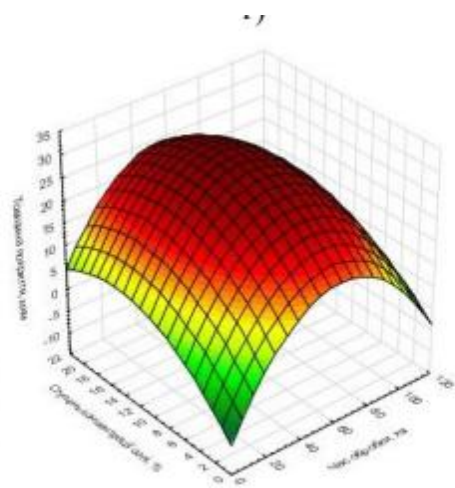
пристрою вприскують воду. При контакті потоку димового газу, що містить оксиди забруднюючих речовин,

Далі потік надходить до віддільника рідини, де конденсат кислот відділяється, а димові гази викидаються у навколишнє середовище. Температура початку реакції гідратації (виділення забруднюючих речовин з димових газів) складає 400...500 °С. Зазвичай температура надходження димових газів до пристрою для очистки складає 600...700 °С, тобто значно вища. Тому у заявленому пристрої передбачено охолодження димових газів перед очисткою у вузлі попереднього охолодження.

Використання технологічних процесів із спалюванням палива усе ще лишається затребуваним. Запропоноване нами рішення дає можливість використання фільтру ефективного, простого за конструкцією та не дорогого



$$h(C, t) = -43,8522 + 1,268 \cdot C + 0,1991 \cdot t - 0,0647 \cdot C^2 + 0,0006 \cdot C \cdot t - 0,0002 \cdot t^2$$



$$h(t, C) = -873944 + 0,7727 \cdot \tau + 2,3086 \cdot C - 0,0061 \cdot \tau^2 - 0,0035 \cdot \tau \cdot C - 0,078 \cdot C^2$$

## 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-її групи 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; Підбор 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

## **8 ОХОРОНА ПРАЦІ**

При проведенні технологічного процесу в цехах капронвого корду 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 виробничих цехах**

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 виробничих приміщень, - 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 необхідної 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 виробничих приміщень;
- припливно-витяжна вентиляція з примусовим (механічним) спонуканням.

### **Види вентиляції промислових цехів**

Залежно від способу переміщення повітря вентиляція виробничих цехів 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. У середині 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. Його мета полягає в комплексному очищенні повітря у всіх виробничих приміщеннях (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 виробничих приміщень. 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

## ВИСНОВКИ

1. За даними досліджень розроблена система кондиціонування повітря для цеху капронового корду при використанні інноваційних технологій з використанням ежекційних теплообмінників (повітронагрівачі, повітроохолоджувачі, зволожувачі) та особливої роботи фільтрів з хімічним поглинанням CO<sub>2</sub> при нестационарних теплових режимах текстильного цеху капронового корду, що включає визначення економічної товщини ізоляції та розрахунок процесів кондиціонування повітря: вибір розрахункових параметрів внутрішнього й зовнішнього повітря; розрахунок теплопритоків і волого виділення обґрунтування вибору і підбір обладнання для комплексної багатозональної системи, системи розподілу повітря та систем вентиляції.

2. Оптимізація режиму роботи центральної системи кондиціонування повітря дозволить скоротити змінну частину витрат приблизно на 12-16,2%, що за тривалої експлуатації обладнання дасть значну економію коштів.

3. Показане забезпечення мікроклімату в технологіях фільтрації, бактерицидної обробки і корисною іонізації повітря систем кондиціонування повітря. Конфігуруванні модулі системи кондиціонування повітря дозволяють отримати системи холодо та теплопродуктивності від 10 до 180 кВт в одному модулі.

9. Визначені шляхи підвищення ефективності систем кондиціонування повітря цеху капронового корду та за розробленою програмою підібране кліматичне обладнання з урахуванням оптимізації сумарної величини капітальних і експлуатаційних витрат на тепловий захист приміщень і кліматичне енергозберігаюче обладнання протягом терміну їх експлуатації.

При підборі обладнання враховується вплив параметрів чинники (мінлива температура холодоагенту, інвертний привід, рекуперація та обладнання (компресор, вентилятор, теплообмінники, фільтри.)

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Жихарева, Н. В. Інноваційні технології кондиціонування повітря в нестационарних умовах монографія / Н. В. Жихарева ; Одес. нац. технол. ун-т,. — Одеса : ТЕС, 2022. — 264 с.
2. Жихарева Н.В. Моделювання та оптимізація систем кондиціонування повітря / Н.В.Жихарева // —Одеса: «ТЭС», 2016. – 171 с.
3. Zhang Q. Development of typical year weather data for Chinese locations. // Q.Zhang, J.Huang, S. Lang / ASHRAE Transactions: Symposia, 2002, vol. 108.
4. Джеджула, В. В. Д 40 Вентиляція та кондиціонування громадських об'єктів : навчальний посібник / Джеджула В. В. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 71 с.
5. Системи опалення, вентиляції і кондиціонування повітря будівель: навч. посіб. для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика» / М.Ф.Боженко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – , 2019. – 380 с.
6. 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 / V Kogut. V.Bushmanov, N. Zhykharieva//AIP Conferenc Proceedings 2285, 030087 (2020);
7. Німич Г.В. Сучасні системи вентиляції і кондиціонування повітря / Г.В. Німич, В.А. Михайлов, Е.С. Бондарь. // - К.: ТОВ «Видавничий будинок. Аванпост–Прим». - 2005. – 630 с. 142
8. Жихарева Н.В. Математична модель плівкового зволожувача для плодоовочесховищ [Текст] / Н.В. Жихарева // // Холодильна техніка і технологія. 2014. № 6 (152). С.54–58
9. Лабай В.Й., Тепломасообмін / В.Й. Лабай // –Львів: Тріада плюс. 2004 – 260.
10. Погорелов А.І. Тепломасообмін : Навчальний посібник для вузів.— / А.І. Погорелов Львів. –:«Новий світ-2000». – 2004. – 144 с..

11. Плодоовочесховища: проектування, оптимізація, розрахунки: підручник / М. Г. Хмельнюк, В. П. Кочетов, А. В. Форсюк, Н. В. Жихарева ; Нац. ун-т харч. технологій. — Одеса : Бондаренко М. О., 2018. — 228 с
12. Жуковський, С.С. Аеродинаміка вентиляції : навч. посіб. / С. С. Жуковський, В. Й. Лабай ; Нац. ун-т "Львівська політехніка". — Львів : Вид-во Нац. ун-ту "Львівська політехніка", 2003. — 372 с.
13. 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.
14. Установка 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
15. 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.
15. 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
- 16 Anderson M.L. An Experimental System for Advanced Heating, Ventilating, and Air Conditioning (HVAC) Control [Tekst] / M.L. Anderson, P.M. Young, D.C. Hittle, C.W. Anderson // Energy and Buildings. – February 2007. – vol. 39, no. 2. – P. 113-119.
- 17 Baus Zoran L. Process control for thermal comfort maintenance using fuzzy logic [Tekst] / Zoran L. Baus, Srete N.Z. Nikolovski // Journal of electrical engineering. –2008. – vol. 59, no. 1. – P. 34–39.
- 18 Установка 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

- 19 Белова Е.М. Центральні системи кондиціонування повітря [Текст] / // Е.М. Белова – М.:Евроклімат, 2005. – 400 с.
- 20 Жихарева Н.В. Оптимізація енергозберігаючої системи кондиціонування повітря. [Текст] /Н.В. Жихарева // 5-а Міжнародна науково-технічна конференція «Сучасні проблеми холодильної техніки і технології». Збірник тез доповідей. – Одеса:ОДАХ, 2007. – С.56.
- 21 Тарасова В.А. Порівняльний аналіз термoeкономiчної моделі парокompрессионної холодильної установки/ В.А.Тарасова, Д.Х. Харлампиди [Текст] // Вісник НТУ «ХП». 2015. № 16 – 2015. – № 16. – С. 97–16.
- 22 Tsatsaronis D. Взаимодействие термодинамики и экономики для минимизации энергосберегающей системы. [Текст] / // Д.Тсатсаронис – Одесса: Студия «Негоциант», 2002. – 152с.
- 23 Бродянский В.М. Доступна енергія Землі та система життєзабезпечення Ч. 2. Ресурси Землі [Текст] / В.М.Бродянский // Технічні газети. – 2011. – № 3. – С. 48–63. – ISSN 1682-0355
- 24 Morosuk T. Advanced exergoeconomic analysis of refrigeration machine: Part 1. Methodology and first evaluation [Text] / T. Morosuk, G. Tsatsaronis // Proc. 2011 Int. Mech. Eng. Congress at Denver (USA). – 2011. – P.
- 25 Morosuk T. Elements of exergoeconomics for the analysis of compressor heat pump [Text] / T.Morosuk // Heat Pipes, Heat Pumps, Refrigerators, Power Sources: VI Minsk International Seminar, 12–15September 2005. – Minsk, Belarus, 2005. – P. 403–409. 10. .
- 26 Frangopoulos C.A. Thermo-economic Functional Analysis and Optimization [Текст] /C.A.Frangopoulos // Energy. – 1987. – № 12(7). – P. 563–571. 13.
- 27 Тарасова В.А. Термoeкономическая модель теплонасосной установки на основе негэнтропийного подхода к формированию стоимости целевого продукта [Текст] / В.А. Тарасова, Д.Х. Харлампиди // Проблемы машиностроения. – 2014. –Т. 17, № 4. – С. 10–16. – ISSN 0131-2928. 14

- 28 Мацевитий Ю.М. Системно-структурний аналіз парокомпресорних термотрансформаторів [Текст] / // / Ю.М. Мацевитый, Э.Г. Братута, Д.Х. Харлампида, В.А.Тарасова. – Харьков: ИПМаш им. А.Н. Подгорного НАН Украины, 2014. – 269 с. – ISBN 978-966-02-7218-7.
- 29 Wall G. Thermoeconomic Optimization of a Heat pump System [Tekst] / G. Wall // EnergyJournal. – 1986. – Vol. 11, № 11(10). – P. 957–967.
- 30 Тарасова В.А. Сравнительный анализ термоэкономических моделей формирования эксергетической стоимости холода [Текст] / В.А. Тарасова, Д.Х. Харлампида // Техничні газети. – 2013. – № 6. — С. 55–63. – ISSN 1682-0355.
31. М.Г. Хмельнюк, О.Сгф. Подмазко, І.О. Подмазко "Холодильні установки та сфери їх використання" підручник для вищих навчальних закладів, Херсон, Грінь, 484с., 2014.
- 32 Холодильні установки, (І.Г. Чумак, В.П. Чепурненко, С.Ю.Ларьяновський та інші.), підручник для вищих навчальних закладів, в двох томах, Київ, "Либідь", 1995.
33. Холодильні установки. Проектування: Учбовий посібник / Чумак І.Г., Чепурненко В.П., Лагутін А.Ю. та ін. – Одеса: Друк, 2008. - том 1 – 3.
34. І.Г.Чумак, В.П.Чепурненко, С.Ю.Ларьяновський та інші. "Холодильні установки" Одеса, "Рефпринтінфо" 2003. 531с;
- 35 Інформаційні ресурси
1. <http://www.veza.com.ua>
  2. [http://www.abok.ru/for\\_spec/](http://www.abok.ru/for_spec/)
  3. [http://vent.prok.ua/conditioners\\_14.html](http://vent.prok.ua/conditioners_14.html)
  4. <http://www.wvp.com.ua>
  5. [http://www.c-o-k.ru/market\\_news](http://www.c-o-k.ru/market_news)
- 6<http://www.mir-klimata.com>